

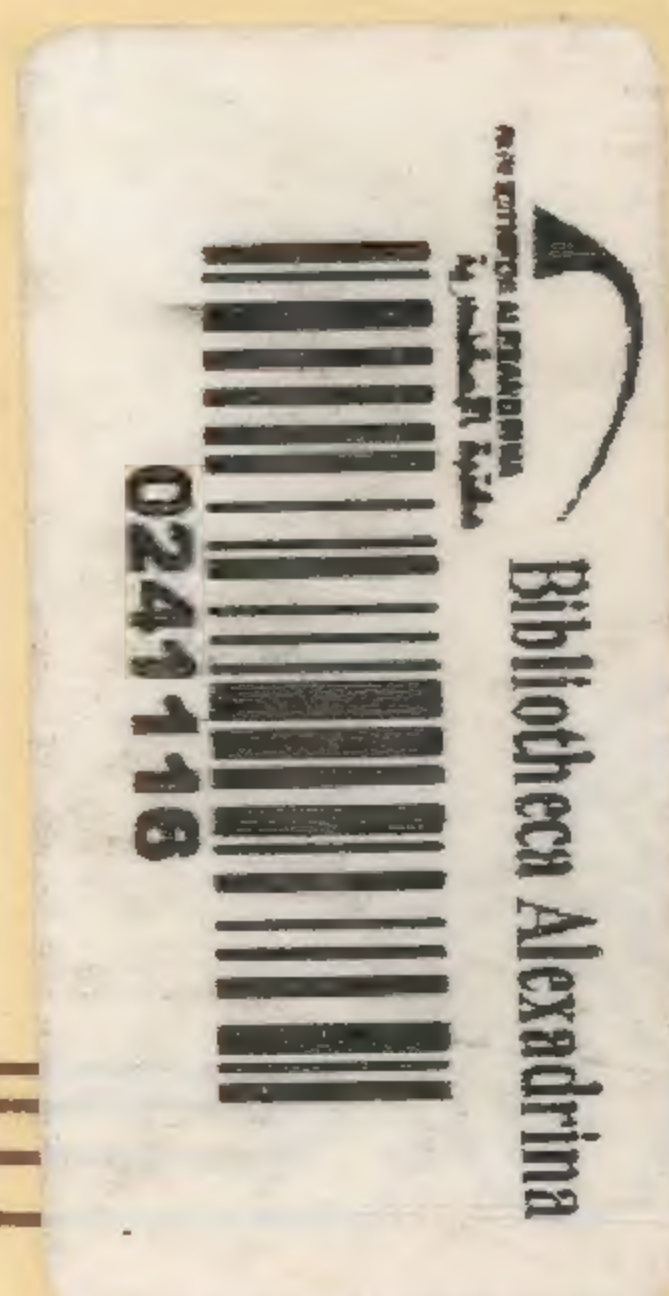
بيولوجى النبات

دكتور
حافظ شلبي

دكتور
صفوت مهنا



مطبعة المدائن
المؤسسة السمودية بمصر
٦٨ شارع العباسية - القاهرة ت : ٨٢٧٨٥١



GIFTS OF 2001

DR. ASSEM MOHAMED ALY
PROF. OF BIOTECHNOLOGY IN
MUBARAK CITY FOR SCIENCES
AND TECHNOLOGY – ALEX.

بيولوجى النبات

دكتور
حافظ شلبى

دكتور
صفوت مهنا

رقم الإيداع ٨٧/١٥٦٦

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة

منذ خلق الله سبحانه وتعالى الانسان وهذا الانسان يعتمد اعتماداً بالغ الأهمية في ضرورات حياته على النبات ولو عدنا لأصول الأشياء لوجدنا ان النبات هو المسؤل الاول عن تغذية الانسان - حتى ولو اعتقد انه يتغذى على لحوم الحيوانات فان الحيوان قد تغذى بدوره على نبات لانه عاجز عن تجهيز غذائه بنفسه من المواد الخام .

ولا يختلف الامر كثيراً فالكساء والمأوى نجد ان من اهم مصادرها الالياف النباتية والاشخاب هذا بالاضافة الى دور النبات في صناعه الاوراق والوقود وما الفحم والبتترول الا نباتات قد عاشت واندثرت من العصور القديمة .

فاعتماد الانسان لا شك على هذا الكائن الحى المسمى " نباتاً " منه نأكل وعليه نعيش وبه ندفعاً وعليه تقوم الصناعات من غذاء وورق .. وعطور ومزيلات للأرق .. وسيكون عرضنا بإذن الله لموضوع النبات كبدايه لابد منها لدراسات تاليه تشمل نباتات ذات قيمه اقتصاديه سواء كانت ايجابيه فى قيمتها او سلبيه كتلك التى تسبب الامراض . ولا شك ان القيمة الجماليه للنباتات اثر غير قليل فى استمتاع الانسان بمخلوقات الله ..

والآن .. فلنبداً بالتعرف على هذا النبات من تركيب خارجى وداخلى ووظائف اعضائه وما يقوم به من عمليات فى تناسق لا يقدر عليه الا الذى قدر فهدى .. سبحانه وتعالى .

كلمه شكر

انها تحيه واجبه .. الى اساتذه فضلاء كان لهم الفضل .. وعلينا الشكر والتقدير . منهم من كانت رعايته وتشجيعه حافظا على اخراج هذا الكتاب .. ونخص بالذكر عميد الزراعيين الاستاذ الدكتور

« هلال الخطاب »

ومنهم من علمنا كيف نحب وندرس ونتعلم " النبات "

تحية الى الاساتذه الدكتور العالم " حسين توفيق " والدكتور العالم " مصطفى فضل " .

انه اعزاز وتقدير ونحن على بدايه عهد جديد بكتاب جديد . فكل كلمه تكتب او تقال انما هي صدى لما تعلمناه على تلك الايادي الكريمة .. فمئهما وعلى يديهما تعلمنا .. ونعم المعلم .

واذا كنا قد انتلقنا بالدراسه والبحث الى افاق جديده في عالم النبات ، انتاجا ، ووقايه .. فانما الفضل يرجع الى تفهمنا الواعى للنبات .. وان الانتاج الزراعى لا يقوم الا على احد اعضائه وهى الاوراق .

ولا ننسى فى شكرنا وتقديرنا الى اصحاب الفضل علينا ان ندعو الله العزيز القدير ان يتغمد برحمته الاستاذ الدكتور / محمد القاضى .. والا ينقطع عمله ابدا بما قدم من علم ينتفع به وابناء برره يدعون له .

واننا اذ نرجو ممن يجد خطأ ان يرشدنا ، وممن يجد نقصنا ان يعذرنا .. فما تمام العلم الا لمن علم الانسان ما لم يعلم .

دكتور
حافظ شلبى

دكتور
صفوت مهنا

الخلية

لكي نتفهم كيف يؤدي النبات دوره الذي خلق من أجله ، فلنبداً بالتعرف عليه . فنجد أول ما يقابلنا إذا ما أردنا أن نغوص في أعماق ذلك الكائن الذي لولاه ما كانت حياة لانسان أو حيوان ذلك المسمى " نباتا " أول ما يقابلنا طبقه رقيقه سماها علماء النبات البشرة . وإذا ما دققنا النظر في هذه البشرة تحت المجهر لرأينا وحداتها التي عرفها العالم الأنجليزى Robert Hooke وسماها " الخلية " .

وقد عرفت الخلية النباتية حديثاً بأنها الوحدة النباتية والبيولوجية للكائن الحي والتي اذا ما عزلت ووضع على بيئه مغذية يكون لها القدرة على إعادة وتكرار نفسها عن طريق الانقسام ، والمحاطه بغشاء خلوى شبه منفذ . اما عن حجمها فإن اغلب الخلايا النشطة يقع قطرها في المتوسط ما بين ٥ و - ٢٠ ميكرون ، وأن كانت اصغر خليه ذات قطر ٢٥٠ ملليميكرون . كما انه قد يصل طول الخلية الى ١ - ٢ ملليمتر في الياف الخشب واللحاء في النباتات من كاسيات البذور . وتصل الى ٢ - ٨ ملليمتر في عاريات البذور ومن حيث الشكل فإن الخلية قد تتخذ شكلاً كروياً لو كانت حرة مستقلة عما يجاورها . أما اذا تجاوزت وتشابهت في الشكل وتقارب في السن استمرت في النمو حجماً فإن ضغط بعضها على بعض يجعل للخلية شكلاً عديد الأوجه ويساوى بين اقطارها .

ولكن استمرار النمو والتخصص الذي تتخذه الخلية او مجموعة الخلايا التي تؤدي وظيفه معينه ، يسبب تبايناً عظيماً في هيئات الخلايا وصورها فيكون منها البيضى ، شبه البيض والسطوانى والمستطيل والمضلع ، المفلطح ، والليفى ، النجمى ، المفصص ، المتفرع على أن هناك نوعين رئيسيين هما شبه الكروى وعديد الأوجه وتكون الأقطار متساوية أو قريبه من التساوى ، أو أن يكون أحد الأقطار اضعاف غيره ، فيقال أنها خلية مستطيلة .

اما الخلايا الغير متخصصه ولا المتميزه والتي توجد في جماعات متصله يحوط بعضها بعضاً ، فانها عادة تتخذ شكلاً ذا أربعة عشر وجهاً وهو شكل تتمثل فيه

١ ملليمتر = ١٠٠٠ ميكرون - ١ ميكرون = ١٠٠ ملليميكرون .
١ ملليميكرون = ١٠ انجستروم

صفات الحجم المتساوية في الحساب الرياضى اذا كانت سطوحها اقل ما يمكن ، بحيث تملأ حيزها دون أن تترك فيما بينها فراغات .

وقد يسبب النمو تغيرات في اشكال الخلايا ... فإذا كان النمو توافقياً ويقصد به نمو لمجموعة الخلايا الغير مكتمله نمواً يشملها جميعاً مع توافق في الانتظام والشكل . وفى هذه الحالة فإن الخلايا تنمو معاً وجدرانها متلاصقة لا تنفصل ولا يتغير نظام اتصالها .

ولكن إذا حدث انزلاق جدار خلية ما أثناء نموها على جدران خلية ملاصقة سمي ذلك بالنمو الانزلاقى Gliding or sliding growth وينشأ عنه مساحات اتصال جديدة لم تكن موجودة أصلاً بين هذه الخلية والخلية المجاورة والقريبة منها .

والنوع الثالث للنمو وما يعرف باسم النمو الانحشارى Intrusive growth ويفترض فيه المط الغير متكافى لأجزاء الجدار - أى أن الزيادة في حجم الخلية زيادة موضوعية وليست شاملة وينشأ عن ذلك بروز الأجزاء المستحدثة الى ما بين الخلايا المتاخمة وامتدادها في المسافات البينية وعموماً فإنه اذا اقتصر النمو على جزء صغير عند قمة الخلية ينمو وينشأ مواضع التقاء جديدة بينية وبين الخلايا المجاورة سمي نمواً انحشارياً . اما اذا كان النمو في منطقه من الخلية غير طرفها فإن ذلك يستلزم حركه من النوع الانزلاقى .

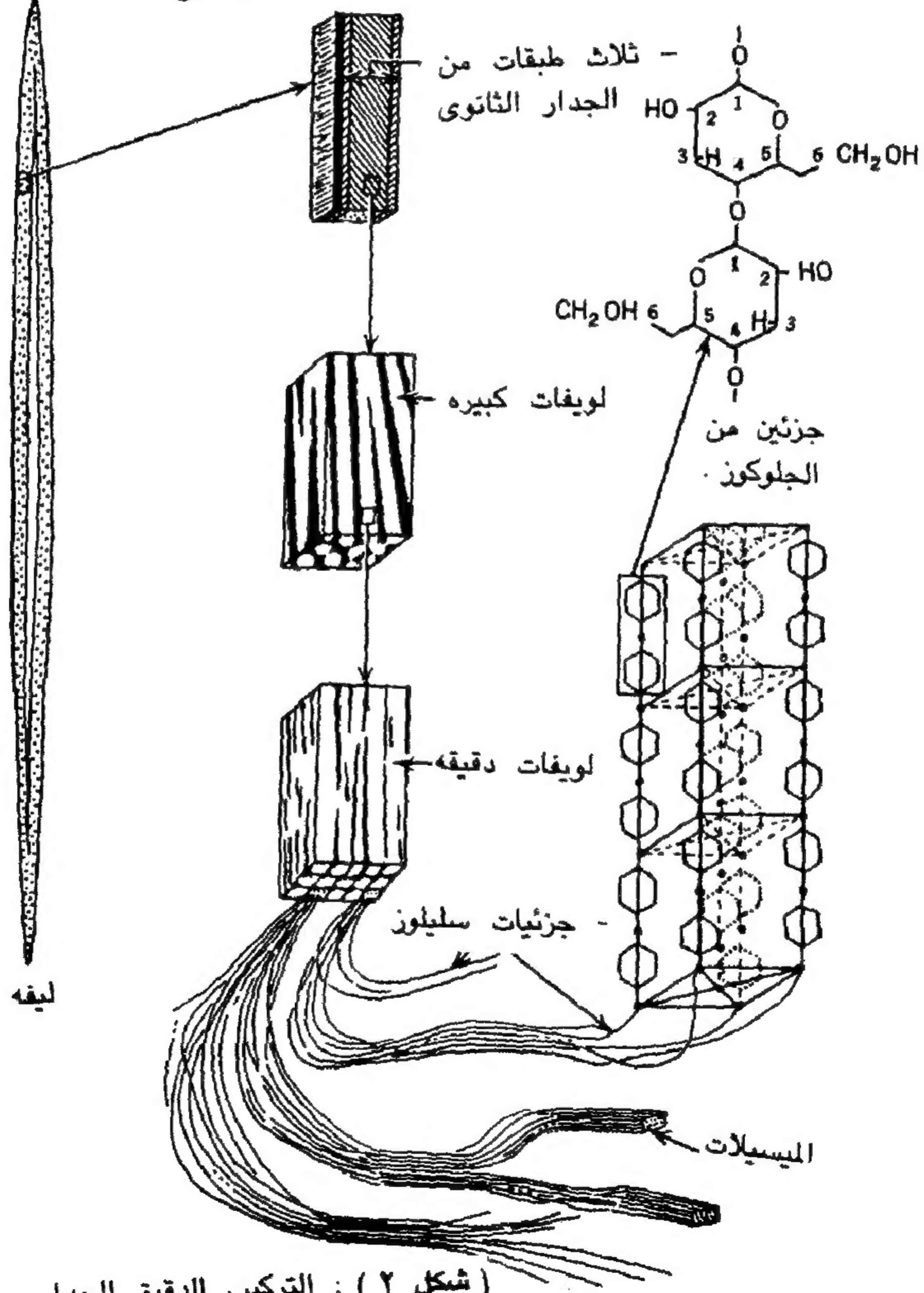
تركيب الخلية :-

تتكون الخلية النباتية اساساً من جدار يحيط بكل محتوياتها وهذه المحتويات قد سميت " البروتوبلاست " " Protoplast " ويتكون بدورة من " بروتوبلازم " " Protoplasm " ويحتوى على مواد خامله Ergastic Substances

اولاً الجدار الخلوى Cell wall

الجدار الخلوى من أهم ما يميز الخلية النباتية عن سائر الخلايا الحيوانية وهو من أهم الوسائل التى عن طريقها يمكن تحديد تبعية الكائن الحى الدقيق اذا كان ضمن المملكة النباتية او الحيوانية .

الجدار الابتدائي



(شكل ٢) : التركيب الدقيق للجدار

ويتركب الجدار من ثلاث مناطق :

١ - الصفيحة الوسطى Middle lomella

وهى تتكون يتحول يحدث فى الصفيحة الخلوية cell plate بعد تكوينها للفصل بين البروتوبلاست فى كلا من الخليتين الحديثتين بعد الانقسام ويحدث ذلك التحول فى المراحل الأولى من تكوين الجدار .

وتتكون كميائيا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم والتي تتصف بلزوجتها فتعمل على لصق الطبقات وبالتالي الخلايا .

ب - الجدار الأول Primary wall

يحدث ترسيب على الصفيحة الوسطى حيث يتكون الجدار الأول أو الابتدائى وفى بعض المناطق من الجدار الأول لا يكون الزيادة فى سمك الجدار منتظمة ، وتتبادل فيه المناطق الرقيقة مع غيرها الغير رقيقة وتنشأ عن ذلك مناطق محددة يكون فيها الجدار رقيق تسمى " بداءات النقر Primardid pits ويظل الجدار الاول رخواً يتواءم مع التغير فى حجم الخلية وشكلها المصاحب لاستمرار نمو الخلية الحديثة ، ويظل التباين فى تغلف الاجزاء المختلفة للجدار كما يظل التبادل بين مناطق التغليط والمناطق الرقيقة . والجدار الاول يتميز بقدرته العالية على تشرب الماء نظراً بطبيعته تكوينه وتركيبه حيث يتكون اساساً من السليلوز مختلط ببعض المركبات مثل الهيمسليولز والبكتين والبروتين .

ج - الجدار الثانوى Secondary wall

قد يعقب تكوين الجدار الاول جداراً آخر ثانوياً يتكون بعد تمام نمو الخلية فى الحجم يعرف بالجدار الثانوى ويتكون عادة من ثلاث طبقات تختلف فى السمك وعادة الوسطى تكون اكثر سمكاً ويتركب الجدار الثانوى اساساً من السليلوز ويختلط به مركبات أخرى غير سليلوزيه اهمها اللجنين والسوبرين . وبزيادة سمك الجدار الثانوى يقل حجم البرتوبلاست وقد يتمثل الجدار كل حجم الخلية كما يحدث فى الألياف يقل وتموت الخلية وتترك جدارها ليعمل موصل للماء او دعامة للنبات .

تركيب الجدار :-

امكن حديثاً وبفضل استخدام المجهر الالكترونى التعرف على التركيب الدقيق للجدار الخلوى، حيث وجد انه مكون من لويقات كبيره Mocrofibrils ، يفصل بينها مسافات او فراغات سميت " المسام الشعريه Mocycapillaries وعند فحص لويفه

كبيره وجد انها تتكون من لويقات اصغر عرفت باسم لويقات دقيقة Microfibrils تفصل بين كل لويقه دقيقه وأخرى مسام شعريه ولكنها ادق من مثيلتها في المسام الشعريه في اللويقات الكبيره . ثم نأتى إلى تركيب اللويقه الدقيقه فنجدها مكونه من حزم منتظمة تسمى ميسيلات Micelles وهى عبارة عن جزئيات من السليلوز بعضها متبلور والبعض الآخر غير متبلور والـ سيليلوز بدوره عبارة عن سلسله مستقيمه طويله مكونه من وحدات جليكوزيديه من الجلوكوز .

وترجع مرونة الجدر الأوليه الى انخفاض نسبه السليلوز المتبلور بها وارتفاع نسبه السليلوز غير المتبلور . والعكس في الجدر الثانويه وتبعاً لنوع الجدار ونوع وعمر الخليه يحدث ترسيب لبعض المواد المختلفه في الفراغات المختلفه (المسامات الشعريه بنوعيهها) ففي الجدر الابتدائيه تكون المواد المائنه مركبات بكتينيه وفي جدر الانسجه الخشبيه والاسكرنشيمييه يكون اللجنين هو المحتل تلك الفراغات اما الكيوتين فيوجد في فراغات جدر البشره ويختلف الامر في جدر خلايا الفلين حيث يترسب السوبرين واذا ما خلت الجدر السليلوزيه من تلك المواد كان الفراغ ممتلاً بالماء وبمعرفه اتجاه وضع اللويقات بالنسبه للمحور الطولى للخليه يمكن تحديد نوع الجدار ان كان ثانوى أو اولى كما يختلف ايضا اتجاه ترتيب اللويقات الصغيره باختلاف شكل الخلايا .

النقر :

أثناء تكوين الجدار الاولى يحدث في بعض المناطق عدم تماثل في السمك فتنشأ عنها مناطق ارق سمكاً تكون بدايه لعدم تكوين جدر ثانويه في هذه المنطقه وتعرف هذه المناطق بحقول النقر الابتدائيه Primary Pitfills وتمر خلالها البلازموديزماتا وفي مناطق أخرى لا يتم ترسيب الجدر الثانويه وتعرف في هذه الحاله بالنقر .

فالنقره هى منطقه ليس فيها ترسيب من الجدار الثانوى وتتكون من الصفيحه الوسطى والجدار الأولى من الخليتين المحيطين بها بالإضافة الى التجويف ذاته وهى انواع .

[١] النقر البسيطه Simple pits

وهى تلك النقر التى لا يرتفع فيها الجدار الثانوى المكون للحافه إلى مستوى آخر واذا ما تقابلت نقرتان سميت بالنقره المزدوجه واذا تكونت نقره مقابله مسافه بينيه

البكتين : ماده كربوايدراتيه غرويه محبه للماء

لجنين : ماده غير كربوايدراتيه معقده . يكسب الجدر صلابه . وهو منفذ للماء

الكيوتين : ماده دهنيه غير منفذه للماء والغازات

السوبرين : ماده دهنيه غير منفذه للماء والغازات

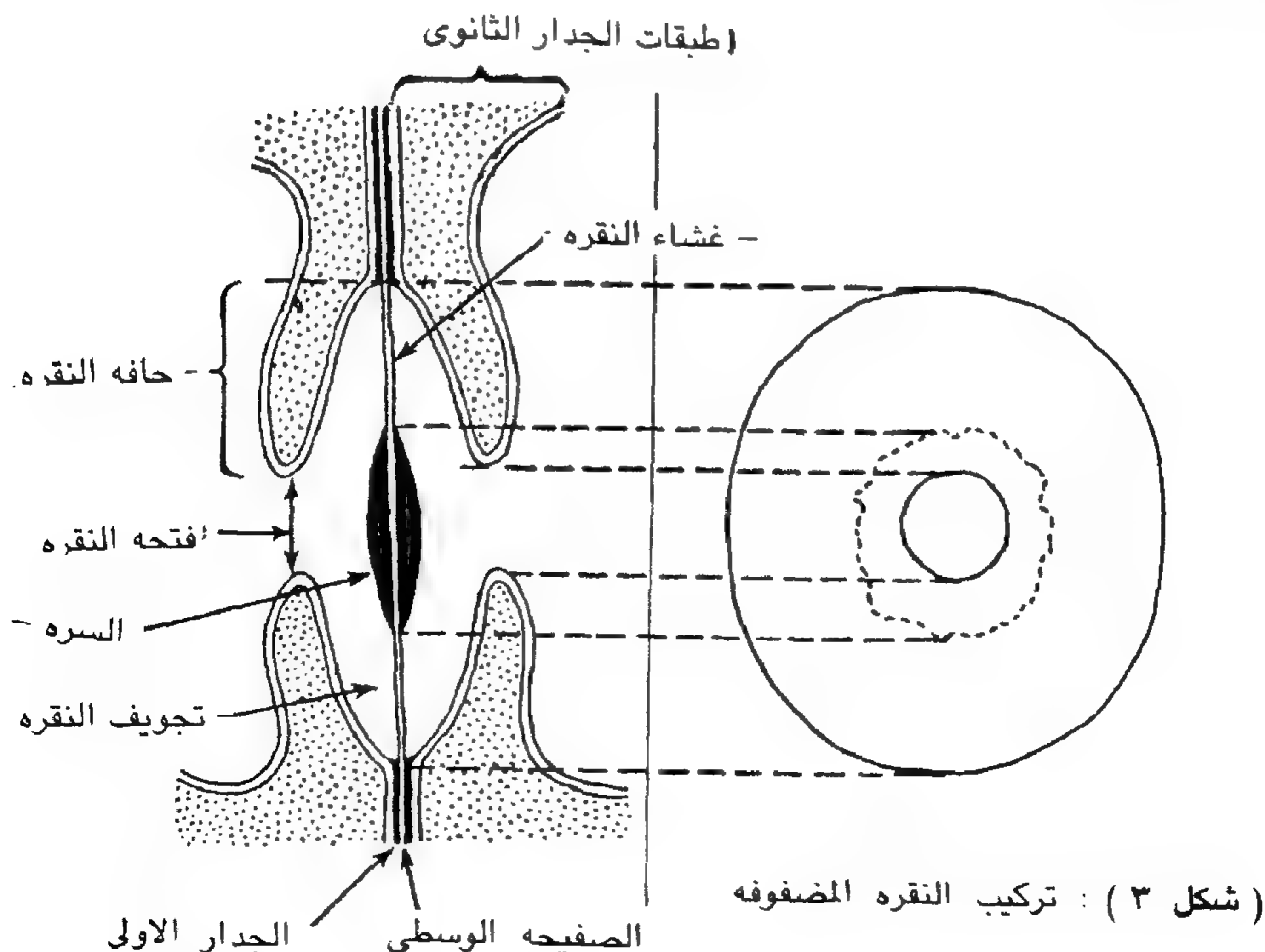
سيليلوز : مركب كربوايدراتى عديد التسكر يتكون من وحدات من سكر الجلوكوز . منفذ للماء والمواد الذائبه .

سميت نقره عمياء blind pit وقد تشترك نقره بسيطه او النقر في قناه متفرعه تعرف باسم النقر المتفرعه ramiform pits كما أن سمك الجدار الثانوى يحدد عمق فجوه النقره وعليه فإن كان الجدار رقيقا كانت النقر ضحله shallow وأن كان سميكاً كانت النقره غائره Deep

[٢] النقر المصفوفه Bordered pits

وهى نقر ذات حواف نتيجه انفصال الجدار الثانوى في المنطقه المتصله بتجويف النقره مكوناً حافه او قمه ويعرف الفراغ الموجود فيه غشاء النقره والجدار الثانوى بتجويف النقره pit cavity في النقر المصفوفه يتغلظ غشاء النقره مكوناً جزء وسطى متميز يسمى السرة Torus قطره اكبر من فتحه النقره .

وتقوم النقر المصفوفه بوظائف هامه خاصه في الانسجه النشطه حيث تعمل السرة على منع مرور الماء من الخليه الى أخرى مجاورة وذلك عندما يكون اندفاع الماء من تلك الخليه شديد وذلك بتحريك السرة في اتجاه فتحه النقره وتغلق النقره فبعد عودة الضغط المائى الى طبيعته فتعود السرة إلى موضعها كما أن النقره المصفوفه تعمل على حفظ شريط الماء على اتصال مستمر في الأوعيه والقصيبات وذلك بمنع دخول فقاعات الهواء اليها فتعمل على زيادة كفاءه الخشب على تأديه وظيفته في توصيل الماء والاملاح الذائبه به .



البروتوبلاست هو الوحدة الخلوية النشطة التي يتكون منها الكائن الحي .
وتحتوى على تراكيب بروتوبلازميه من انواع مختلفه ومحتويات غير حية ، بعضها
عضوى وبعضها غير عضوى . ويمكن تقسيم البروتوبلاست الى :

١ - البروتوبلازم

أ - النواه ب - السيتوبلازم

٢ - المواد الخامه

١ - الفجوات العصارية ٢ - حبيبات النشا
٣ - البلورات ٤ - البروتينات
٥ - الدهون

١ - البروتوبلازم :

هى المادة الحية للخلايا ... مكونه فى مجموعها الحياه وهى مادة هلامية غير متجانسه تتكون من محلول غروى يعرف بالسيتوبلازم ويوجد معه مكونات أخرى اهمها النواه وعمله فإنه يتكون من .

١ - النوايا

تتحكم النواه في الوظائف الحيويه للخلية وتموت الخلية وقد تستمر في الحياه بعد نزع النواه ولكنه في هذه الحاله الاخيره يلاحظ تغير في نشاط ووظيفه الخليه . وتحتوى الخليه النباتيه للنباتات الراقيه على نواه واحده . الا انه في بعض الحالات كالانابيب اللبنيه نجد أن الخليه الواحده تحتوى على عديد من النويات بعكس الحال في الأنابيب الغرباليه الناضجه والتي لا تحتوى على نواه وبالرغم من ذلك فهي تستمر في الحياه وتؤدي وظيفتها ويعتقد أن النواه موجوده في حاله انتشار في سيتوبلازم تلك الخليه ويرى البعض نواه الخليه المرافقه للانبوبه الغرباليه تكون على صله بسيتوبلازم خليه الانبوب وتخدمها .

وعموماً فالنواه جسم كروي او بيضاوى . توجد وسط السيتوبلازم وتختلف في القطر على حسب نوع الخلية ونوع النبات . ومكانها في الخلايا الحديثة في منتصف الخلية ، اما في الخلايا البالغة فتكون جانبيه . وتختلف النواه عن السيتوبلازم في زياده لزوجتها وفي زيادة نسبه الاحماض النوويه في النواه عن السيتوبلازم وتتكون النواه من مادة هلاميه كثيفه غنيه بالبروتينات والبروتينات الدهنيه والحمض النووى

RNA وتعرف بالسائل النووي nuclear Cap أو كاريوليمف Karyolymph وتغلف بغشاء رقيق مزدوج يشابه في تركيبه الأغشية البلازمية وتعرف بالغشاء النووي Nuclear membrane ويتميز بوجود زوائد تمتد في السيتوبلازم وتعتبر امتداد للشبكة الاندوبلازمية كما يحمل على سطحه الخارجى ريبوسومات ويوجد بالغشاء النووي ثقب يصل قطر الواحد منها ما بين ٥٠٠ - ١٠٠٠ أنجستروم تعمل بمثابة موصل بين محتويات النواة والسيتوبلازم ويوجد وسط السائل النووي نوية أو أكثر والنوية Nucleolus جسم كروي أو بيضاوي أكثر لزوجة من السائل النووي وهى غنية بجزئيات الحامض النووي RNA والبروتينات وفيها قليل من DNA والنوية لا تحاط بغشاء .

كما يوجد بالسائل النووي ما يعرف بالشبكة النووية أو الكروماتينية Nuclear reticulum أو Chromatin Retielum وتتكون من وحدات تشاهد منفصلة محدده في بعض مراحل انقسام الخلية وتعرف باسم كروموسومات Chromosomes وهى تتكون من بروتينات نووية [حمض نووى مرتبط مع بروتينات] والكروموسوم يتكون من وحدتين طوليتين تسمى كل واحدة منها كروماتيد Chromatid ولكل منها ذراعين ... وكل زوج من الكروماتيد يلتحمان بواسطة جزء ضيق يسمى السنترومير Centromere ويتكون الكروماتيد من matrix وهى بروتين وحمض نووية ينغمس فيها DNA وتحمل الكروموسومات العوامل الوراثية المعروفة بالجينات genes وهى التى تتحكم فى الصفات الوراثية والتفاعلات الحيوية فى النبات بالإضافة الى ذلك فإن السائل النووي يحتوى ما يعرف باسم الريبوسومات Ribosomes والتى لها القدرة على تخليق انواع مختلفه من البروتينات .

٢ - السيتوبلازم :

هو ذلك السائل المحيط بالنواة والمحتوى على كثير من الجسيمات الدقيقة الهامة التى لها دورها فى حيوية ونشاط الخلية . ويحيط بالسيتوبلازم من الخارج والداخل اغشيه اختيارية النفاذية حيه تتحكم فى نفاذيه الذائبات من حيث النوع والكميه ويسمى هذان الغشاءان بالأغشيه السيتوبلازمية اما السائل السيتوبلازمى فيعرف بالهياوبلازم Hyaloplasm وتؤثر الحرارة المرتفعه على حاله وسيوله السيتوبلازم . حيث أن بارتفاعها الى درجات حرارة ٧٠م يتجمع السيتوبلازم ويفسد ذلك لاحتوائه على نسبة عاليه من البروتينات الذائبة التى تتأثر بالحراره . حيث تكون هذه البروتينات النسبه العظمى من المواد العضويه بالسيتوبلازم والتى قد تصل إلى أكثر من ٦٠٪ ولوحظ فى الخلايا الحيه أن السيتوبلازم دائم الحركه بدليل عدم ثبات الجسيمات الموجوده به فى مكان واحد . وقد قسمت الحركه الى نوعين احدهما محيطيه

Rotation والآخرى دائرية Circulation وتتوقف نوع الحركة على موقع النواه ...
 فاذا كانت في احد جوانب الخلية والفجوه العصاريه في منتصف الخلية كانت الحركة
 محيطيه اى أن السيتوبلازم يتحرك في محاذاه الجدار حول الفجوه اما اذا كانت
 النواه في منتصف الخلية معلقه بخيوط سيتوبلازميه ويوجد العديد من الفجوات
 العصاريه فإن الحركة تكون حول كل فجوه على حده ويشتمل السيتوبلازم على :



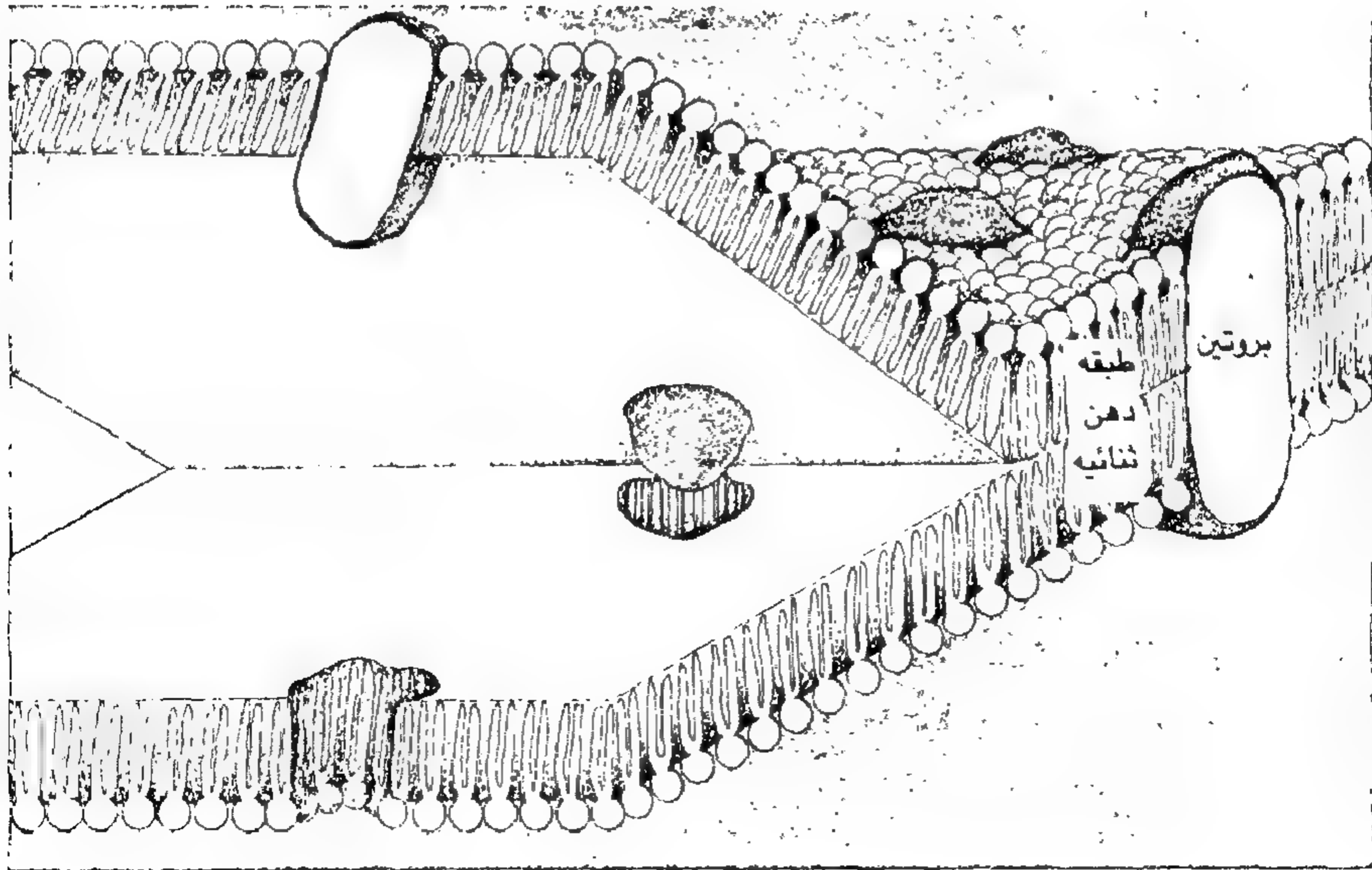
أ - الأغشية السيتوبلازمية Cytoplasmic membranes

وهي أغشية متناهيّة في الرقة ومزدوجة وتتميز بحيويتها وقدرتها على تحديد نوع وكمية الذائبات التي تمر إلى داخل الخلية وخارجها حيث تنظم تبادل هذه الذائبات بين الخلية والوسط المحيط بها . ولهذه الخاصية أهمية كبيرة حيث لا تسمح بخروج بعض المواد العضوية مثل السكريات والبروتينات الذائبة من داخل الخلية في حين تسمح بدخول الماء والأملاح الذائبة بها للخلية . كما أنها تسمح بدخول بعض الذائبات دون الأخرى .

ويتركب الغشاء البلازمي من طبقتين من البروتين يوجد بينها طبقة ثالثة دهنية . ووجد أن طبقة البروتين تتكون من جزئيات بروتين منفصلة . كما يتخلل طبقة الدهن جزئيات بروتين وطبقة الدهن تتكون من جزئيات دهن متراسية في صفين بجانب بعضها البعض وكل جزء يتكون من جزء محب للماء قطبي وآخر غير قطبي كاره للماء وغير منتظم الشكل .

(شكل ٥) تركيب الغشاء البلازمي

والمسمى نموذج الفسيفساء السائل لسنجر ونيكولس



وأول هذه الأغشية السيتوبلازمية بالخلية تعرف باسم البلازما Plasmalemma وهو يلى ويتصلق مباشرة بالجدار الخلوى . وثانى هذه الأغشية هو المحيط بالفجوة العصارية بالخلية والذي يسمى تونوبلاست Tonoplast ويختلف الـ Tonoplast عن الـ Plasmalemma بزيادة نسبة الدهن وعليه فإن هناك بعض الذائبات يمكن مرورها فى البلازما ولا تمر خلال التونوبلاست ، والعكس صحيح ، ومن دلائل ذلك وجود طبقة الانثوسيانين بالفجوة العصارية وعدم وجودها فى السيتوبلازم . وتقوم الأغشية بهذا الفصل بعمل عزل بين التفاعلات الكيميائية المختلفة فى داخل الخلية .

ب - البلاستيدات Plastids

البلاستيدات جسيمات سيتوبلازمية حية متخصصة وهى تختلف فى الشكل والحجم ويصل عددها أحيانا الى ١٠٠ بلاستيدة فى الخلية وقد لا توجد بلاستيدات فى بعض النباتات كالنباتات الدنيئة (البكتريا وبعض الفطريات) وقد تحتوى الخلية الواحدة على بلاستيدة واحدة كما فى بعض انواع الطحالب .

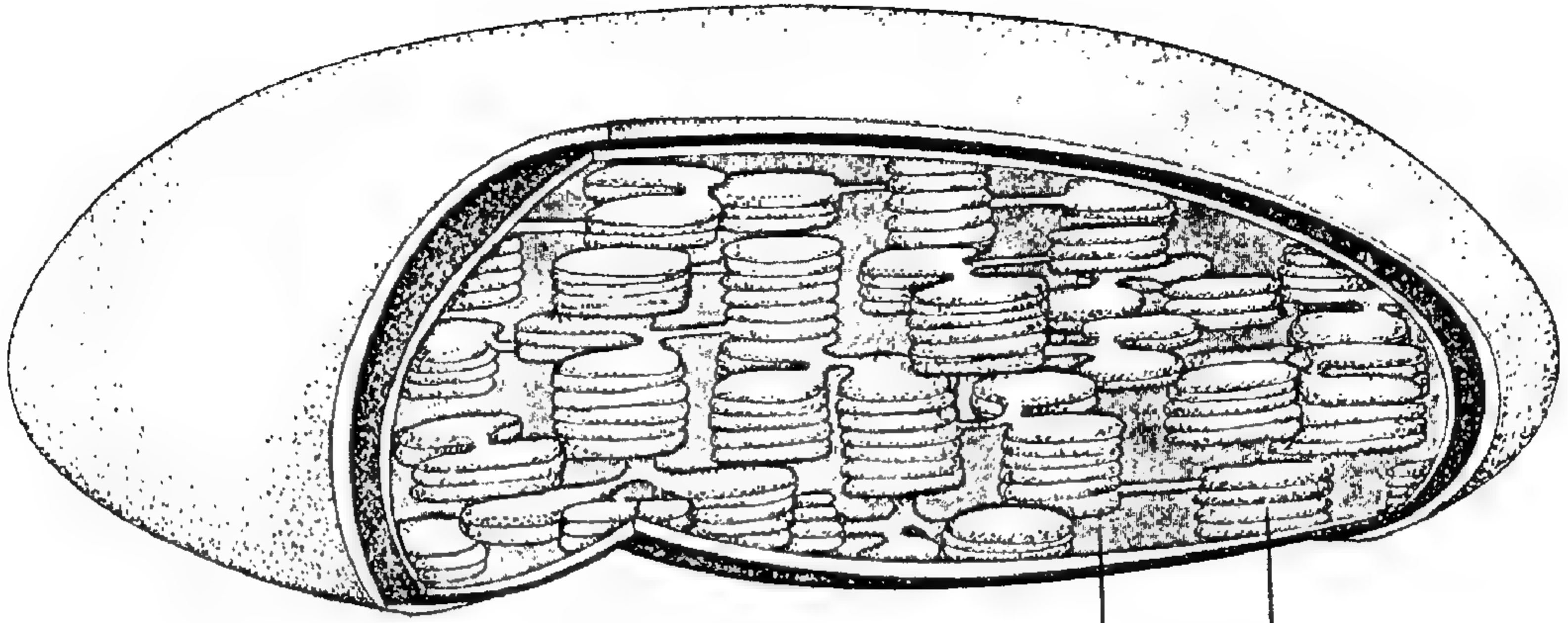
وتنشأ البلاستيدات من أجسام صغيرة توجد فى خلايا الأنسجة الأنشائية وتعرف باسم مبادئ البلاستيدات Proplastids أو تنشأ من انقسام البلاستيدات الى بلاستيدتين ومن انواع البلاستيدات .

البلاستيدات الخضراء : Chloroplastids

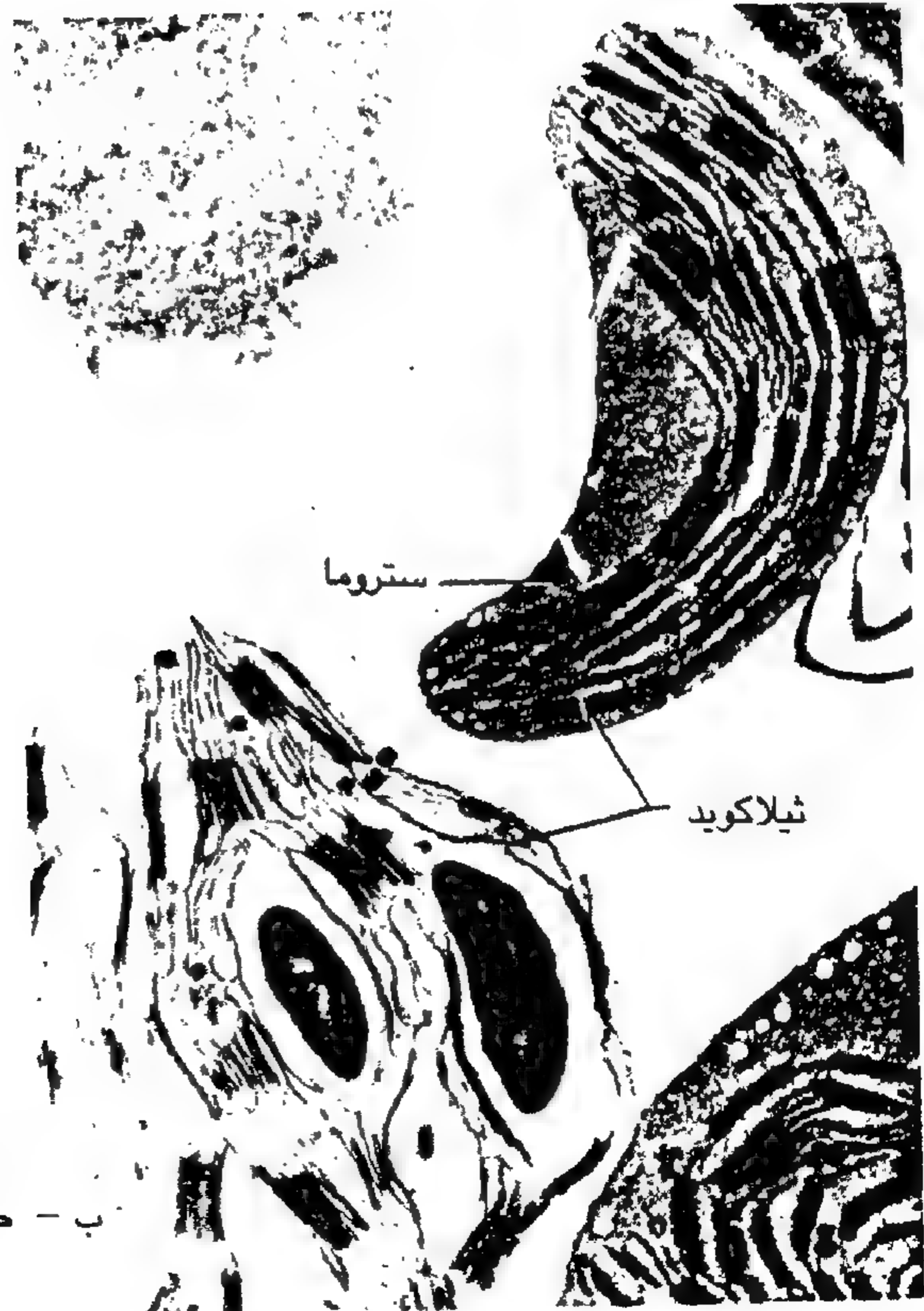
يرجع اللون الأخضر المميز للنباتات لوجود صبغات خضراء تعرف بالكلوروفيل Chlorophyll تتواجد فى البلاستيدات الخضراء . وتحتوى بجانب ذلك على العديد من الصبغات الأخرى مثل الكاروتينويدات Carotenoids بنوعيهما الكاروتينات Carotenes والزانثوفيلات Xanthophylls وتتعدد انواع الكلوروفيلات فتصل الى أكثر من عشرة انواع وهى تمثل حوالى ٦٥٪ من جملة الصبغات بالبلاستيدات الخضراء والكاروتينات بنسبة ٦٪ والزانثوفيلات ٢٩٪ .

تركيب البلاستيدات الخضراء :

تحاط البلاستيدة بغشاء سيتوبلازمى مزدوج يحوى بداخله مكونات البلاستيدات وتتمثل هذه المكونات فى سائل عديم اللون به بروتينات وانزيمات وحمض أميني وحمض RNA هذا السائل يعرف باسم الحشوة Stroma بالإضافة الى الحشوة يوجد منغمس بها اقراص دقيقة محببة متراسه فوق بعضها كل قرص يسمى جرانم أو بذيره granum ومجموعه البذيرات المتراسه تعرف باسم جرانانا grana وقد تتصل بعض الجرانانا بعضها بصفائح تعرف باسم صفائح بين البذيرات أو



(شكل ٦) ١- تركيب البلاستيدات



ب - صورته بالمجهر الإلكتروني للبلاستيدات

بين الجرانا Intergrana Lamellae وقد يطلق عليها اسم فريت Fret اما الجرانييم نفسها فتتكون من اغشيه تسمى ثيلاكويد Thylacoid وتحتوى الأغشيه بداخلها على بروتينات ودهون وصبغات الكلوروفيل والكاروتينيدات .

وتقوم البلاستيدات الخضراء بتحويل الطاقة الضوئية المستمدة من الشمس الى طاقه كيميائيه وينفرد الاكسجين داخل الجرانييم بينما تنقل الطاقة الكيميائية في صورة مركبات غنيه بالطاقة الى الأستروما (الحشوه) حيث يتم اختزال ثانى اكسيد الكربون وتحويله الى مركبات كربوهيدراتيه .

البلاستيدات الملونه Chromoplastids

وهذه تحتوى على كاروتينويدات وهى مسئوله عن ظهور الالوان الحمراء والصفراء والبرتقالى . وهى التى تُكسب الكثير من الثمار والخضر وتبلات الازهار الوانها .

البلاستيدات عديمه اللون Leucoplasts

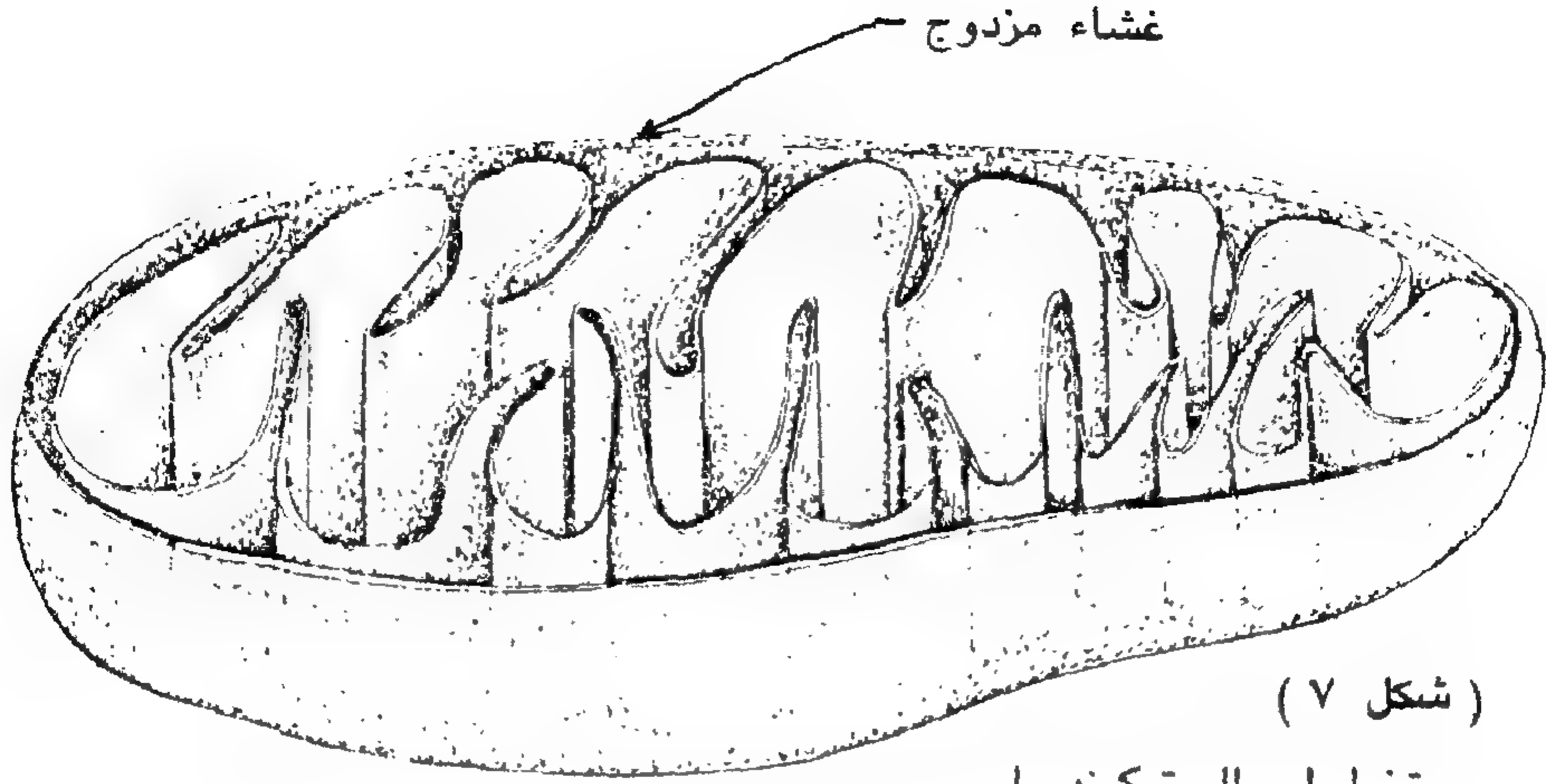
وهى كغيرها من البلاستيدات مختلفه الأشكال وبعض اشكالها المتطرفه عصويه . ومن مميزاتها أن تغير اشكالها يسير ولها علاقه وثيقه باختزان الطعام ومن البلاستيدات عديمه اللون نوع يختص بتكوين حبات النشا وأخرى ما يختص بتخزين الزيوت والمواد الدهنيه .

أن التحول الذى يحدث من نوع الى آخر كما يحدث عند تغير لون الثمار الأخضر الى الأحمر فى الطماطم وتحول لون البلاستيدات الغير ملونه فى درنات البطاطس الى بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء . انما يدل ان الانواع المختلفه ذات طبيعه واحده .

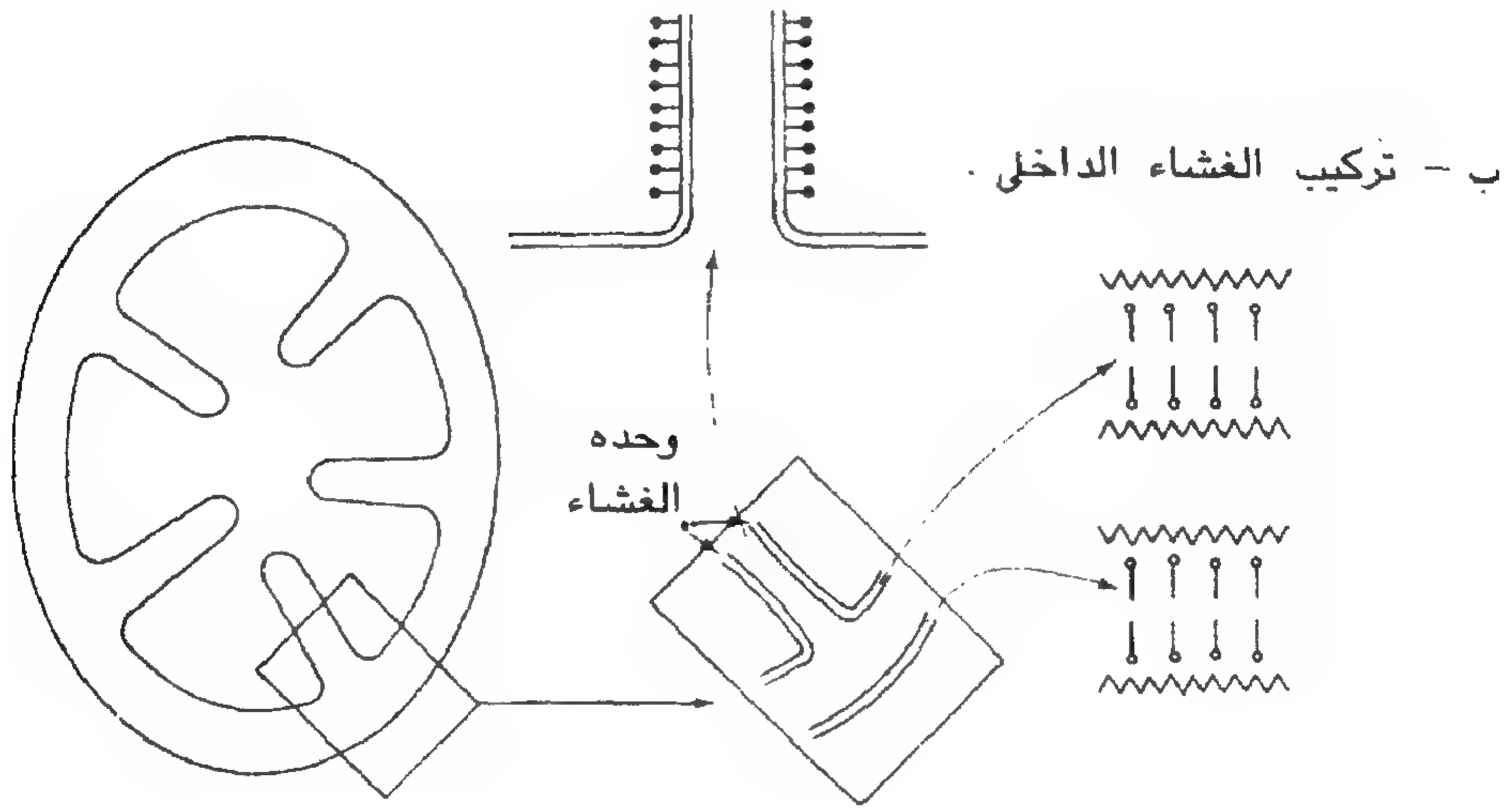
ج - الميتوكوندرى Mitochondria

اجسام حيه لها القدره على النمو والانقسام . توجد فى الخلايا الحيه النشطه كالخلايا الانشائيه وغيرها . وتضمحل وتختفى فى الأنابيب الغرباليه . تأخذ اشكالا واحجاماً مختلفه فمنها البيضاوى والكروى وذات الاشكال القضيبيه ويبلغ قطرها ما بين ٥ و ١ ميكرون وطولها من ١ - ٢ ميكرون تقريبا .

تتركب الميتوكوندرى كما تظهر تحت المجهر الالكترونى من غشاء مزدوج يفصل الميتوكوندرى الى حجرتين يتعرج الداخلى منه مكوناً ثنيات داخليه تختلف اطوالها واعدادها تبعاً للنشاط وتسمى اهداب او كريستا Cristae ويوجد على هذا الغشاء الداخلى آلاف من جسيمات دقيقه يتكون كل منها من رأس كروى وساق اسطوانى



١ - رسم تخطيطي للميتوكوندرية

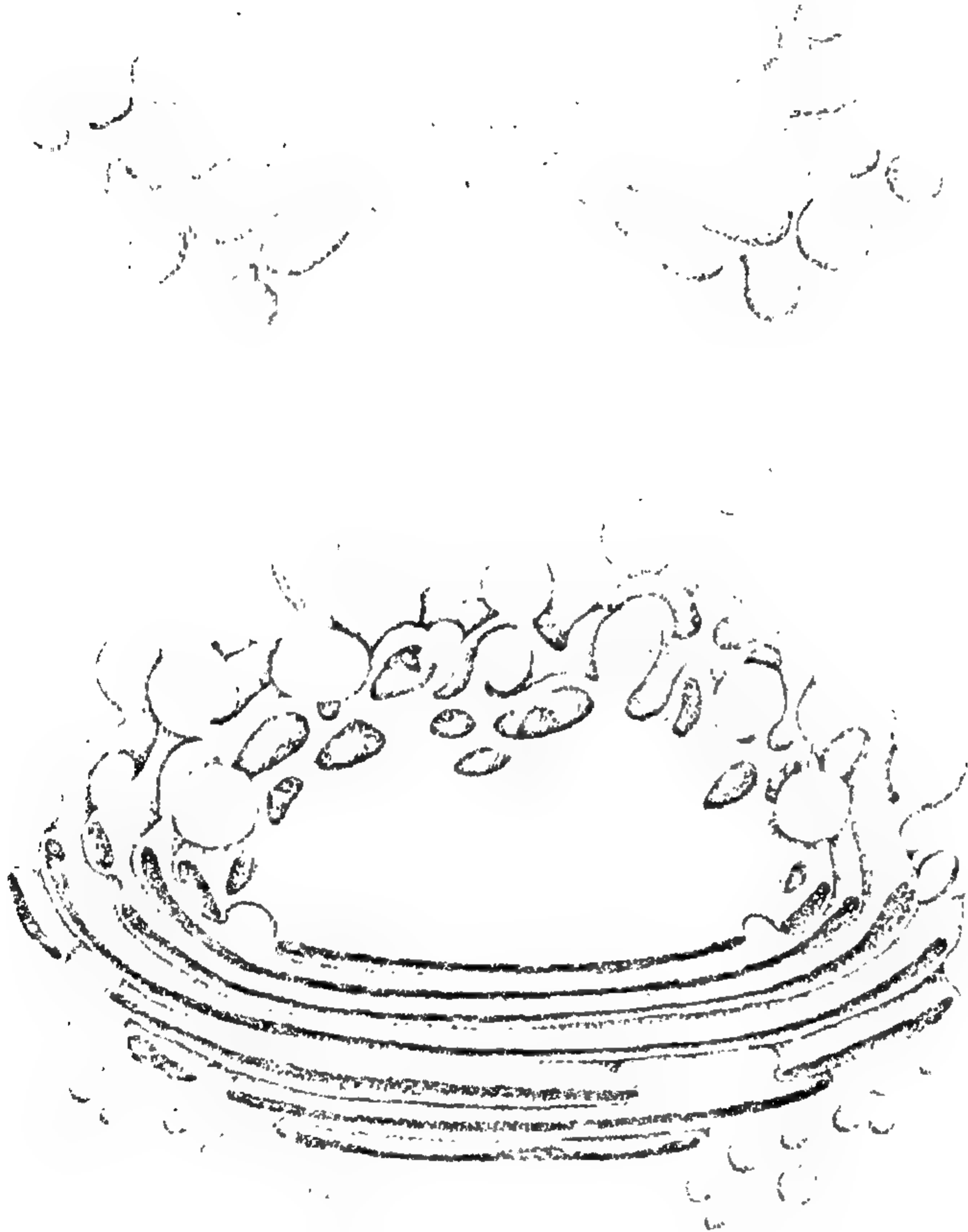


أجوف وقاعدة اسطوانية متصله بالغشاء . ويضم الغشاء بروتينات ذائبة تملأ تجويف الميتوكوندريون وهذه البروتينات تعرف باسم الحشوة matrix ووجد به DNA , RNA ولقد تم عزل DNA من ميتوكوندرية الفول ووجد انها تختلف في التركيب عن DNA الخاص بالنواه في نفس الخلية . اما الغشاء موجد به ثقب تصل قطر الواحد منها ٢٥ - ٣٠ انجستروم . وتقوم الميتوكوندريون بعملية الأكسدة الهوائية وإنتاج الطاقة اللازمة لحياة الخلية ويطلق عليها أسم بيت الطاقة Powerhouse حيث تحتوى على بعض أو كل انزيمات التنفس (حسب نوع الخلية) .

كما تحتوى على انزيمات أخرى خاصة بإنتاج الطاقة وأكسدة الأحماض الدهنية وغيرها من الانزيمات .

د - اجسام جولجي او الديكتيوزومات Golgi Bodies or Dictyosomes

اجسام صغيره توجد في السيتوبلازم على هيئة قضبان متراسه تسمى Cisterna ويوجد في اطرافها انتفاخات او حويصلات تسمى Vesicles يتزايد حجمها بتقدم اجسام جولجي في العمر . يتكون جدارها من بروتين ودهون وتتماثل في التركيب مع الغشاء البلازمي الخارجى وظيفه هذا الجهاز الإفراز ولذا يزداد عددها في خلايا النبات المختصه بالإفراز كخلايا قلعنسه الجذر التى تعمل على تسهيل اختراق الجذر في التربه بواسطه الافرازات الهلاميه .



(شكل ٨) اجسام جولجي (قطاع عرض)

هـ - الليسوسومات Lysosomes

اجسام شكلها غالباً كروى وحيه سيتوبلازميه تحتوى على انزيمات شرهه في تحليل مكونات الخليه ويحيط بالليسوسومات غشاء سيتوبلازمي عند انفجاره تتحرر الانزيمات وتقوم بعملها في تحليل المكونات الخلوية من بروتينات واحماض نوويه ومركبات فسفوريه وكبريتيه .

و - الريبوسومات Ribosomes

تتواجد على الشبكة الاندوبلازميه في بعض المناطق جسيمات صغيره ذات قطر ١٧٠ - ٢٥٠ انجستروم كما توجد ايضا حره في السيتوبلازم والنواه والبلاستيدات والميتوكوندريا ... وتتكون اساسا من الحمض النووى RNA والبروتين - وهى تعتبر اجهزه تكوين البروتينات من الأحماض الدهنيه . في حين أن بناء الدهون من الأحماض الدهنيه والكحولات يتم في الميتوكوندريا .

س - الشبكة الاندوبلازميه Endoplasmic Reticulum

وهى جهاز غشائى يتخلل السيتوبلازم واهداب هذه الشبكة عباره عن ازواج من الأغشيه السيتوبلازميه المتفرعه والمتخلله لسيتوبلازم الخليه . وقد تتصل هذه الشبكة بالغشاء النووى المزدوج . وهذه الاهداب أو الشبكة تنتفخ في بعض المواضع من الخليه مكونه الفجوه العصاريه .

وتقوم الشبكة الاندوبلازميه بنقل البروتينات وربط الخلايا المجاوره ببعضها عن طريق مرورها خلال الثقوب الموجوده بالجدر الخلويه مكونه خيوط سيتوبلازميه تسمى بلازمودزماتا Plasmodesmata وتتواجد على الشبكة الاندوبلازميه في بعض المواضع كما أسلفنا الريبوسومات وتسمى شبكه اندوبلازميه خشنه Rough Reticulum والمناطق الخاليه من الريبوسومات تسمى الشبكة الملساء Smoth Endoplasmic Reticulum. بالاضافه الى حملها للريبوسومات فانها تزيد من المسطح الداخلى للخليه وتقوم بنقل بعض المواد وتوصيل المعلومات والمنشطات والمثبطات من خليه الى أخرى وقد يكون لها دور في بناء جدر الخلايا .

وامتدادات الشبكة الاندوبلازميه والمعروفه باسم بلازموديزماتا أو الشعيرات السيتوبلازميه تمر خلال ثقوب موجوده في جدر الخلايا الأوليه والثانويه وترتبط بالبروتوبلاست في الخلايا المجاوره وتكون مجتمعاً اكبر يسمى السيمبلاست Symplast .

٢ - المواد الخامله Ergastic substances

وهى نواتج لعمليات التحول الغذائى ولهذا تظهر وتختفى في فترات مختلفه من حياه الخليه وهى قد تكون زائده عن الحاجه فتخزن او عديمه الاهميه فيحتفظ بها النبات على صور مختلفه ونظرا لاهميه الفجوات العصاريه فستدرس مستقلة عن بقية المحتويات .

١ - الفجوات

وهى فراغات منتشرة فى السيتوبلازم ممثله بالسائل الذى يعرف باسم العصير الخلوى وهو يختلف فى تركيبه من خليه لآخرى بل من فجوه لأخرى بنفس الخليه وهو عصير حامضى خفيف فقد تكون الفجوه ملونه او عديمه اللون ومن اهم مكوناتها : الغازات ، اكسجين ، وثنائى اكسيد الكربون ، نيتروجين والاملاح المعدنيه كالنترات والكبريتات والفوسفات وكلورات البوتاسيوم ، صوديوم ، كالسيوم ، الحديد والمغنسيوم والاحماض العضويه كالأكساليك والستريك والماليك والترتريك واملاحها كما يوجد سكريات مثل سكر العنب وسكر القصب وعديدات السكر كالإنولين ويوجد ايضا بروتينات وقلويات ومواد دهنيه وبعض الصبغات كالانثوسيانين واحيانا مواد مخاطيه .

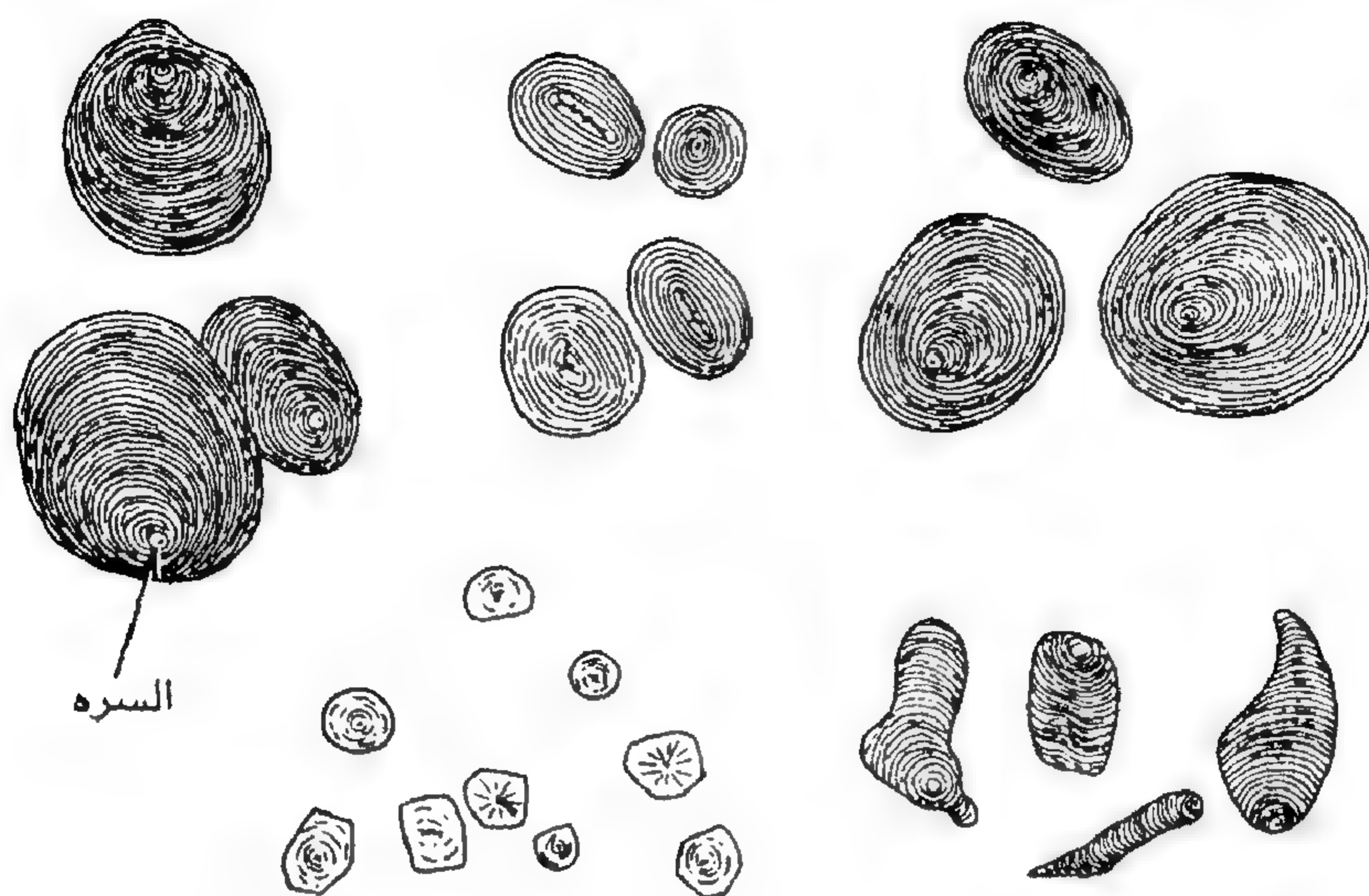
توجد الفجوات فى كل انواع الخلايا وتكون واحده فى الخلايا البالغه وعديده فى الخلايا الحديثه .

٢ - حبيبات النشا

تُتخذ حبيبات النشا وسيله لتمييز انواع البذور والاجزاء النباتيه المختلفه لتباين اشكال الحبيبات وتركيبها ويوجد نوعان من النشا ، نشا انتقالى يتكون داخل البلاستيده الخضراء نهاراً ثم يتحول اثناء الليل الى سكر يستعمل جزء منه فى العمليات الحيه والتنفس والجزء الاخر ينتقل الى اعضاء التخزين حيث يتحول داخل البلاستيدات عديمه اللون الى حبيبات نشا اختزالى ويخزن النشا داخل البذور وبرانشيمه الانسجه الوعائيه الثانويه فى السوق والجذور والاعضاء المخزنه كالجذور اللحميه والدرنات ، الريزومات والكورمات .

تختلف اشكال حبيبات النشا فمنها القرصى والمستدير والبيض والعصوى وتظهر لامعه تحت المجهر وعند صبغ حبيبات نشا البطاطس باليود فإنها تظهر بيضيه الشكل واحد طرفيها ضيق والاخر عريض وهى مكونه من طبقات متميزه تختلف كل منها عما قبلها فى كثافتها وترتيب الطبقات حول نقطه تعرف بالسره Hilum وهى بعيدة عن مركز الحبيبه او اقرب الى الطرف الضيق ولهذا فحبيبه النشا فى البطاطس من النوع اللامركزى واذا وجدت سرتان او اكثر فى بعض الحبيبات تعرف بالحبيبه المركبه .

فى نشا البقول والحبوب تكون السره فى مركز الحبيبه ولذا يطلق عليها حبيبه مركزيه ويختلف الامر فى البسله فتستطيل السره اما فى الفاصوليا فتخرج من السره شقوق قطريه بسبب زياده الماء فى الطبقات المحيطه بالسره وقلته بعد الجفاف .

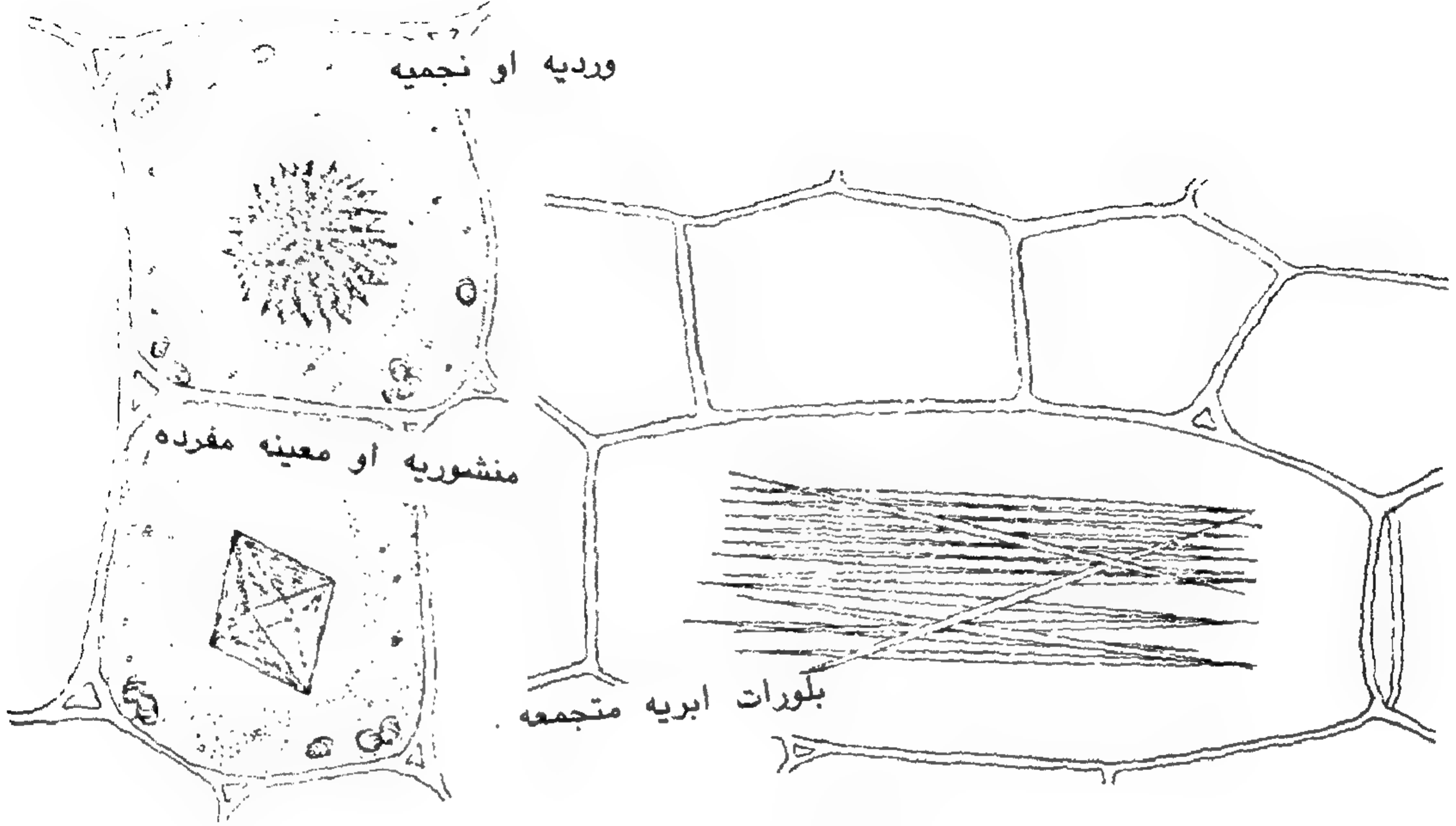


(شكل ٩) بعض اشكال حبيبات النشا لاحظ اختلاف موضع السرره

٣ - البللورات

تتكون معظم البللورات من املاح الكالسيوم كربونات الكالسيوم - بللورات السيليكا اما بللورات الكالسيوم فتوجد في مختلف الانسجه النباتيه وخاصه القشره - اللحاء - النخاع ولها اشكال عديده فقد تكون فرديه ذات شكل منشورى او هرمى مزدوجه الشكل كالمشاهد في جنس الموالح والصنوبر واللبن والدراسينا والخرع والفل السوداني او تكون في مجاميع كل منها في خليه على هيئه بللورات صغيره تتحد مع بعضها لتكون بللورات مركبه تعرف بالبللورات النجميه او الوريه كما توجد في سوق اجناس القطن والبطاطا والحميض والعليق والاراليا .

وقد تأخذ البللورات شكلاً مستطيلاً ابرياً يتجمع في حزم تعرف بالرافيدات كالموجوده في الدراسينا والحي علم اما بللورات كربونات الكالسيوم فهي تشكل ما يعرف بالحويصلات الحجرية حيث توجد على هيئه اجسام صلبه في بعض خلايا البشره المتضاعفه كما في اوراق نباتى مطاط الهند *Ficus elastic* والتين *Ficus carica* وفي هذه الحاله تكبر وتتسع بعض خلايا الطبقة السطحيه وتمتد الى داخل نسيج الورقه العمادى ويتدلى من جذرها المماسيه الخارجيه اعناق طويله تترسب عليها بللورات من كربونات الكالسيوم وهذه البللورات يندر وجودها في النباتات عموماً والنوع الثالث هو بللورات السيليكا حيث تترسب املاحها في جدر الخلايا او تجاوبها كالموجوده في اوراق وسوق الفصيله النجيليه كالقصب والارز .



انواع البلورات

٤ - البروتينات

توجد البروتينات مخزنة في صورة سائله في العصير الخلوي او صلبه متبلوره او غير متبلوره تعرف المتبلوره منها بحبيبات الاليرون Aleurone grains وتوجد في البذور الزيتيه كالخروع او درنات البطاطس والحبيبات الغير متبلوره فمن اهمها ما يعرف بالجلوتين gluten وتوجد مختلطة بحبيبات النشا في اندوسبرم القمح .

٥ - الدهون

تخزن الدهون والزيوت على هيئة قطرات صغيره الحجم متفرقه في السيتوبلازم او في كتل كبيره وتوجد الزيوت في الاجنه كجنين الذره والاوراق كالموالح والعطر والنعناع وقد توجد في القلف كالقرقه والثمار كالينسون والكراويا او توجد في بتلات الازهار كالورد والفل والياسمين وفي هذه الحاله تكون زيوت طياره .

المحاليل Solution

دراسة خواص وانواع المحاليل المختلفة ، من الموضوعات الهامة لدارس علم النبات ، حتى يتسنى فهم كثير من العمليات الفسيولوجية ، وذلك لان محتويات الخلية النباتية ، توجد في وسط مائى على هيئة محاليل ، كذلك فإن السيتوبلازم عبارة عن نوع من المحاليل يطلق عليه المحاليل الغروية .

انواع المحاليل Types of Solution

تنقسم المحاليل بالنسبة الى حالة وجود المادة الذائبة في المادة المذيبه ، وعلاقه كل منهما بالآخر إلى : -

١ - المحاليل الحقيقية True Solutions

فيها تتجزأ المادة في السائل إلى جزيئات ، أو الى ايونات في اغلب الأحيان . وتكون الوحدات التى تتجزأ اليها المادة من الدقة بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولا بأية وسيله أخرى ، لان قطر هذه الوحدات لايتعدى 1 \ مليون من المليمتر أى . 1m μ واحد . وتعطى محلولاً متجانساً ، حيث تظل المادة منتشرة بين جزيئات المذيب . ومن امثلتها محلول سكر القصب في الماء ومحلول كلوريد الصوديوم في الماء .

٢ - المعلقات Suspensions

وهناك تتأثر المادة بالسائل عند خلطها ، مثلما يحدث عند وضع الرمل في الماء ، فان الرمل سرعان ما يرسب ، وتكون الوحدات التى تتجزأ اليها المادة من الكبر بحيث يمكن رؤيتها بالمجهر . ويقدر قطر الوحدات بأكثر من ٢٠٠ مليميرون .

٣ - المحاليل الغروية Colloidal Solutions

تتجزأ المادة فيها الى وحدات تقع وسطاً بين حجم دقائق المحاليل الحقيقية والمعلقات ، أى أنها أكبر من واحد مليميرون وأصغر ٢٠٠ مليميرون ، وتظل وحداتها منتشرة في محاليلها ولا تترسب أبداً من تلقاء نفسها ، كما انها من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها بالميكروسكوب ، الا أنه يمكن مشاهدة خواصها الضوئية بطرق خاصه . ومن أمثله المحاليل الغروية محلول الجيلاتين في الماء ومحلول ايدروكسيد الحديد الغروى .

اشكال الحالة الغروية : Different Colloidal System

توجد الحالات الغروية في الطبيعة في عدة أشكال بأختلاف نوع المادة المنتشرة في وسط الانتشار ، والذي يهمننا من هذه الحالات ، حالتى الـ Sol ، والـ Gel اذ أنهما توجدان مختلطتين ببعض المستحلبات في الخلية النباتية . وتنقسم حال الـ Sol الغروية الى نوعين : -

١ - غرويات كارهه لوسط الانتشار Lyophobic Collids

حيث لا توجد قابلية بين دقائقها اووحداتها المنتشرة المعدنيه وبين دقائق وسط الانتشار . واذا كان وسط الانتشار هو الماء سميت كارهه للماء Hydrophobic collids وتحمل دقائقها شحنات كهربائية من نوع واحد ، وهذا هو سبب بقائها منتشرة في وسط الانتشار دون أن ترسب . ومن امثلتها ايدروكسيد الحديد الغروى .

٢ - الغرويات المحبه لوسط الانتشار Lyophilic Collids

حيث توجد قابلية كبيرة من دقائقها المنتشرة (وتكون غير معدنية) وبين دقائق وسط الانتشار ، وتسمى أيضا بالمستحلبات Emulsoids ومن امثلتها محلول الجيلاتين والأجار والنشا والصمغ والغراء وزلال البيض والبرتوبلازم . ودرجه لزوجة هذه المحاليل اكبر بوجه عام من درجه لزوجة وسط الانتشار .

ويتغير قوام الغرويات المحبه لوسط الانتشار من السيولة الى الصلابة وبالعكس بتغير درجة الحرارة وتركيز وسط الانتشار وغيرهما من العوامل . فاذا وضع محلول غروى من هذا النوع كمحلول الجيلاتين أو الغراء في أنبوبة وسط مخلوط مبرد تصلب الى قوام رجراج يعرف بالـ Gel فاذا أعيد تسخينه تحول الى محلول غروى سائل ويسمى بالـ Sol وتسمى ظاهرة التجمد والسيولة بظاهرة انعكاس الأطوار .

ويسمى هذا النوع من انعكاس الأطوار بانعكاس الأطوار الكامل . الا ان هناك نوعاً آخر منه يسمى بانعكاس الأطوار الناقص . فمثلا زلال البيض يتجمد بالتسخين ولا يعود الى السيولة بالتبريد ولذلك يسمى تجمد زلال البيض " تجمعاً " Coagulation لاختلاف العملية عن عملية تجمد محلول الجيلاتين بالتبريد التى تسمى " تجمداً " Gellation .

ومادة البرتوبلازم تمثل حالة غروية من نوع زلال البيض وهى تتجمع عند درجه حرارة اقل من تلك التى يتجمع عندها زلال البيض (حوالى ٥٠°م) .

ومن خصائص الغرويات المتصلبه Gels ميلها للتشرب بكميات كبيرة من الماء .
ويعتبر الجيلاتين مثلاً واضحاً لاثبات هذه الظاهرة ويشترك مع الجيلاتين في ظاهرة
التشرب Imbibition الخشب وحببيات النشا .

بعض الخواص العامة للغرويات :

(١) الانتشار خلال الأغشية Diffusibility through membranes

المحاليل الغروية لا تنفذ دقائقها الغروية خلال الأغشية الشبه منفذه مثل اغشية
السيلوفان والكلوديون وأوراق الترشيح ، ويرجع ذلك الى كبر حجم وحداتها بالنسبة
الى فتحات أو ثقوب الغشاء . بينما بعض المحاليل الحقيقية يمكن لدقائقها النفاذية
خلال مثل هذه الأغشية ، وتستخدم هذه الظاهرة لفصل مخلوط من محلولين احدهما
غروى والآخر حقيقى : وتسمى هذه العملية بعملية الفصل الغشائى Dialysis .

(٢) ظاهر تندال Tyndall phenomemon

هى إحدى الظواهر الضوئية التى تستخدم للفرقه بين المحلول الغروى
والحقيقى ، وذلك بامرار شعاع ضوئى خلال محلول حقيقى فانه لا يمكن رؤيه مسار
الشعاع الضوئى فى المحلول ، اما فى المحلول الغروى فانه يمكن رؤية مسار الشعاع
الضوئى بالعين المجردة . وتفسير ذلك انه عندما تصطدم أشعه الضوء بالدقائق
الغروية فإن الأشعه تتبعثر Scattering وتستقطب (حيود) (Diffraction) ، وهذا
ما يعبر عنه بظاهرة تندال .

(٣) الشحنات الكهربائية Electric charges

دقائق الغرويات ، من خواصها أنها تحتفظ حولها بشحنات كهربائية من نوع
واحد ، وهذه الشحنات اما موجه او سالبه على حسب حاله المحلول ، وتعزى ظاهرة
وجود الشحنات الكهربائية الى نشاط اسطح الدقائق حيث تكتسب عامة الشحنة
نتيجة لحدوث تجمع سطحى لايونات الايدروچين او الايدروكسيل للماء أو حدوث تأين
للاملاح الالكتروليتيه الموجوده كشوائب فى الدقائق المنتثره .

ووجود هذه الشحنات من نوع واحد حول كل دقيقه غروية يعمل على تنافر هذه
الدقائق عن بعضها وهذا يعمل على عدم تجمعها وترسيبها .

(٤) التجمع السطحي Adsorption

من المعروف أنه عند تفتيت أى مادة ، تزداد الأسطح الناتجة من هذا التفتيت بالنسبة لوزن المادة المفتته . فاذا وصلت نسبة هذه الزيادة الى حد معين فإن اسطح دقائق المادة المفتته تكتسب شحنا كهربائية ، كما أنها تكتسب قوه جذب مواد أخرى تجمعها على أسطحها . وتسمى هذه الحالة بالادمصاص أو التجمع السطحي Adsorption .

ولخاصية التجمع السطحي أثر كبير في حياتنا الاقتصادية ، اذ تستعمل في ترويق المحاليل الملونه . فاذا خلط محلول ملون خلطاً جيداً بمسحوق الفحم الحيوانى ورشح الخليط فإن المترشح يبدو رائقاً عديم اللون . وقد استخدمت هذه الظاهره في ترويق المحاليل السكرية التى يحضر منها السكر . كما أن من خصائص الفحم الحيوانى امتصاص الغازات بنفس النظرية ، لذلك يستعمل في ملء الكمادات . كما ان كثيراً من عمليات الزراعة والصباغة تتوقف على خاصية التجمع السطحي .

بسم الله الرحمن الرحيم

الأزموزية أو الانتشار الغشائي للسوائل

Osmosis

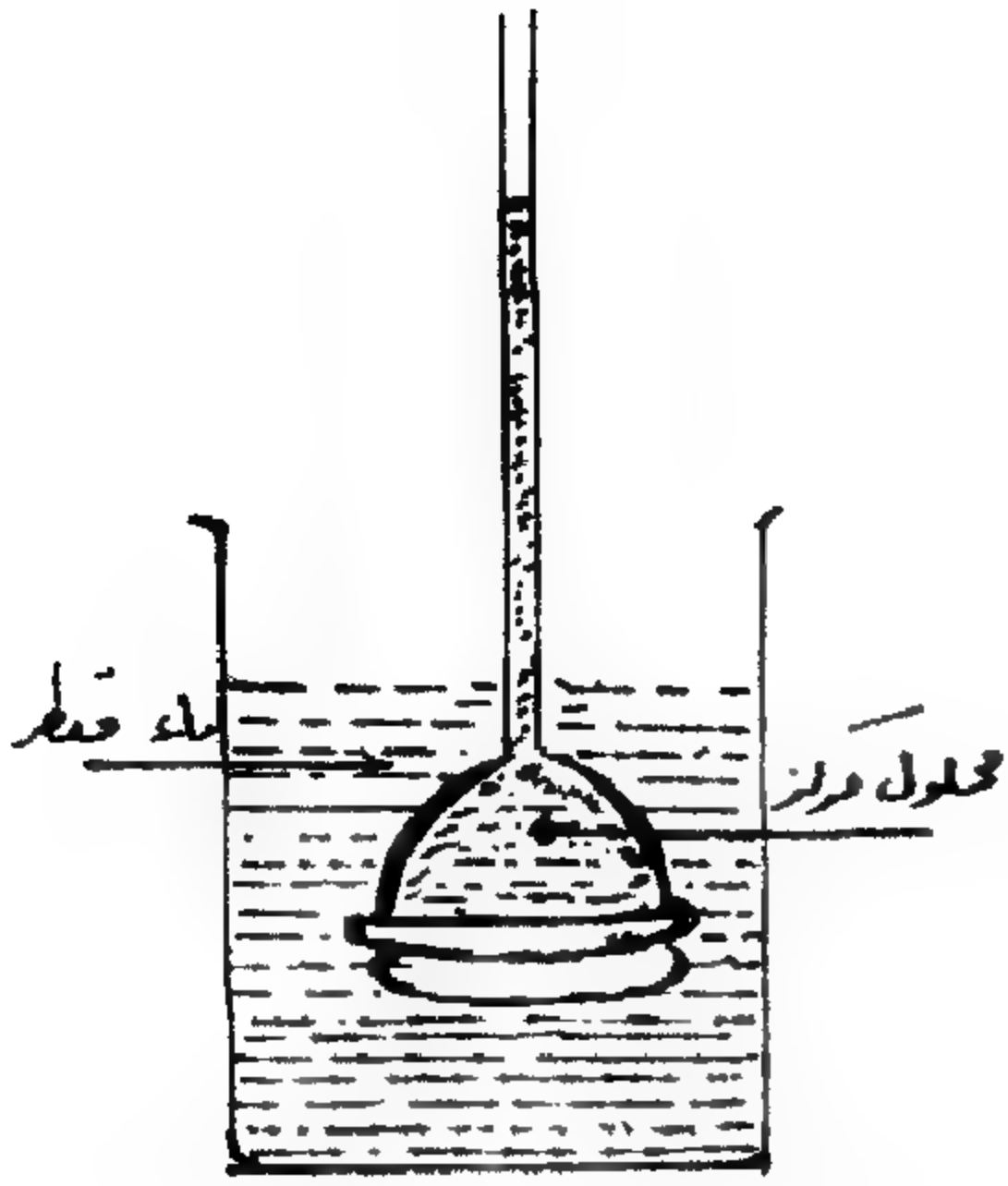
ظاهرة الأزموزية تدخل ضمن عمليات انتشار السوائل ، كما انها تعتبر أكثر هذه العمليات شيوعاً ، ولتفسير العلاقات المائية للخلايا النباتية والأنسجة ، يلزمنا فهم ديناميكية هذه العملية . وأول من لاحظ ظاهرة الأزموزية Abbe Nollet عام ١٨٨٤ عندما ملأ مثانة خنزير بالكحول ، ثم ربط فوهتها والقها في الماء فلاحظ انتفاخها بدرجة كبيرة قاربت الانفجار . وعندما اعاد التجربة بطريقة معكوسة بأن ملأ المثانة بالماء ثم وضعها بعد ربطها في الحمول انكمشت المثانة بدرجة كبيرة . ثم قام Dmtrochet بإجراء تجاربة على الأزموزية فلاحظ عندما ملأ المثانة بمحلول ملحي او سكرى ووضعها في الماء ، أن الماء ينتقل من الوسط الخارجى (الماء النقى) بمعدل اسرع من انتقاله من الداخل (المحلول الملحي أو السكرى) وترتب على ذلك ازدياد حجم المحلول في المثانة محدثاً ضغطاً على الجدر الداخلية لها . وحيث ان هذا الضغط نشأ عن دخول الماء الى المحلول فقد أطلق عليه «الضغط الأزموزى للمحلول» ومما يجب ملاحظته ان الأزموزية لايمكن مشاهدتها الا اذا كان الكيس من الأغشية التى تنفذ المذيب بدرجة اكبر من المادة الذائبة .

* نفاذية الأغشية Permeability of Membranes

في العادة ، تنشأ المظاهر المميزه للأزموزية اذا قورنت بغيرها من العمليات ، نتيجة لوجود الغشاء ذى النفاذيه التفاوتية ، واذا ذكرت النفاذية ذكر معها الغشاء اذ لايمكن فصل أحدهما عن الآخر ، وتعتبر النفوذية خاصية من خواص الغشاء ، وليست من خواص المادة التى تنتشر خلاله . والأغشية بالنسبة الى قابلية انفاذها للمواد تنقسم الى ثلاثة أقسام :-

(١) اذا سمح الغشاء لجزئيات المادة الذائبة والمذيب بالنفاذ خلاله سمي الغشاء شبه Semi- Permeable membrane ومنها ماهو طبيعى كالمثانة الحيوانية وجدر الخلية ، ومنها ماهو صناعى كورق السيلوفان والبارشمنت وغشاء الكلوديون .

ولايجب عند وصف الغشاء ذكر نوع نفاذيته فقط ، فقد يكون الغشاء غير منفذ لمادة ولكنه منفذ لمادة أخرى . لذلك يجب عند وصف نفاذية الغشاء ذكر نوع المادة التى يتفذاها .



(شكل ١٠) جهاز الأزموسكوب

وأبسط الأجهزة التي تستعمل لقياس الأزموزية قمع ثيسل المعروف Thistel- Funnel ذو الساق الطويلة بعد ان يربط على فوهته قطعة من ورق السيلوفان ربطاً محكماً (شكل) . وهناك أيضاً كيس الكلوديون ويستخدم في عمل الأزموسكوب Osmoscope بأن يملأ الكيس بمحلول ملحي اوسكرى ويغمر في الماء بحيث يتساوى سطح المحلول في الداخل مع سطح الماء في الخارج بعد أن يكون قد ربط على فوهه الكيس أنبوبة

زجاجية مفتوحة ثم يترك الكيس بعض الوقت فيشاهد ارتفاع السائل تدريجياً في الساق الزجاجية حتى يأتي الوقت الذي يمتنع فيه السائل عن الارتفاع عندئذ يكون قد حدث الأتزان ويكون ثقل عمود السائل قد ضغط على سطح الغشاء الداخلي بقوة تساوى القوة التي يدخل بها الماء من الخارج وهي قوة الضغط الأزموزي للمحلول . ويلاحظ أن هذه الأغشية ليست شبه منفذة تماماً لأنه اذا تركت التجربة بعض الوقت فإن عمود الماء يهبط ثانية ، وذلك لنفاذ المادة المذابة ببطء خلال الغشاء الى الماء الخارجى .

وأحسن الأغشية شبه المنفذة هو المصنوع من مادة الحديد وسيانور النحاس لأنه يمنع السكريات والأملاح منعاً باتاً من النفاذ خلاله ، ويحضر بتفاعل حديد وسيانور البوتاسيوم مع محلول كبريتات النحاس . والعيب الوحيد في الغشاء هو سهولة كسره وعدم تحمله الضغوط الأزموزية العالية . ولكن أمكن التغلب على هذه الصعوبة بترسيب هذا الغشاء في مسام إناء خزفي خاص . ويملاً بالمحلول المراد قياس ضغطه الأزموزي وليكن محلولاً سكرياً مثلاً ، ثم تسد فوهه الوعاء بسداد محكم من المطاط تخترقه أنبوبة زجاجية ، فاذا وضع الوعاء في ماء نقى فإن الماء ينفذ الى داخل الوعاء بمعدل اسرع من خروجه ، ويستمر الارتفاع في ساق القمع الى ان يصل الى نقطة يظل عندها ارتفاعه ثابتاً لمدة أيام وعندئذ يكون ضغط عمود السائل مساوياً للضغط الأزموزي لهذا المحلول السكرى المحضر . وقد تمكن Pfeffer بهذا الجهاز اثبات أن الضغط الأزموزي لاى محلول يتناسب طردياً مع درجة تركيزه وعلى انه اذا وضع ثقل معادل لقوة الضغط الأزموزي للمحلول السكرى المستعمل فوق سطح السائل في الانبوبة المتصلة بالوعاء الخزفي فإن هذا الثقل يمنع ارتفاع السائل في الأنبوبة الزجاجية . وعلى ضوء هذه التجربة يمكن تعريف الضغط الأزموزي بأنه الضغط اللازم تسليطه على محلول ذى تركيز ما لمنع ازديادة في الحجم نتيجة انتقال الماء اليه .

وحيث ان الضغط الأزموزى يتوقف على عدد الدقائق الموجودة في حجم معين من المحلول فإن الضغط الأزموزى للمحلول الغروى يكون اقل من الضغط الأزموزى للمحلول الحقيقى من سكر القصب بفرض تساوى درجة تركيز المحلولين السابقين . كذلك فإن الضغط الأزموزى للمحلول السكرى تكون اقل منها في حالة محلول كلوريد الصوديوم بفرض تساوى تركيزهما كذلك .

وتفسير ذلك أنه في حالة المحلول الغروى تتركب دقائقه من تجمع عدد كبير من جزيئات المادة . فلو فرضنا أن عدد جزيئات المحلول كانت ١٠٠ جزيء قبل ان يكون غروباً . وانه لكى يكون غروباً يجب ان تتجمع كل عشرة جزيئات لتصبح دقيقة غروية واحدة ، فإن المحلول الغروى الناتج يحتوى على ١٠ دقائق في حين أن المحلول السكرى لم يزل يحتوى على ١٠٠ جزيء لان له نفس التركيز . أما في حالة محلول كلوريد الصوديوم ، فنظراً لانه محلول الكتروليتى فإن جزيئاته لاتبقى على حالتها الطبيعية كما في محلول السكر بل تتأين في المحلول ويكون التأين بمعدل ٧٥٪ وبذلك يصبح عدد الدقائق في محلول كلوريد الصوديوم المساوى للمحلولين السابقين في التركيز ١٧٥ دقيقة . وهذا هو السبب في ارتفاع قيمة الضغط الأزموزى للمحاليل الحقيقية المتأينة عن المحاليل الأخرى غير المتأينه أو الغروية .

الخلية النباتية وعلاقتها بالماء

Water Relation in the Plant Cell

اهمية الماء للنبات :-

الماء هو احد المكونات الأساسية للخلية النباتية لانه اساسى فى تكوين البروتوبلازم وهو المادة الحية الأساسية فى جميع الكائنات الحية وتتضح اهميته من دراسة النقط التالية :-

١ - الدقائق الغروية التى يتكون منها البرتوبلازم تنتشر فى الماء فاذا أنعدم الماء جف البروتوبلازم ووقفت جميع العمليات الحيوية والكيميائية التى تنتج عنها ظاهرة الحياة .

٢ - يدخل الماء فى تركيب جسم النبات بنسب مختلفة فقد تصل الى ٩٥٪ من الوزن الرطب Fresh weight فى الأجزاء الغضة العصارية . وفى اجزاء التخزين كالسوق والجذور الدرنية ٦٥ - ٧٠٪ . وفى الأجزاء الخشبية من ٤٥ - ٥٠٪ . أما فى البذور الجافة فلا تتعدى نسبته ١٢٪ .

٣ - يتحد الماء مع ثانى اكسيد الكربون فى وجود المادة الخضراء وبمساعده الطاقة المستمدة من ضوء الشمس لىبنى النبات المركبات الكربوهيدراتية .

٤ - الماء ضرورى لاتمام كثير من العمليات الكيميائية التى تحدث داخل الخلية والتى تقوم بها الاتزيمات .

٥ - الماء هو الوسيط الوحيد الذى تذاب فيه الأملاح التى يمتصها النبات لأستعمالها فى بناء جسمه .

٦ - تحتاج الأجزاء الغضة الحديثة الخالية من الأنسجة الدعامية كأطراف السيقان والجذور الحديثة للماء ، حيث اذا ما دخل الى خلاياها امتلأت فجواتها العصارية وتزندت واستقامت جذرها .

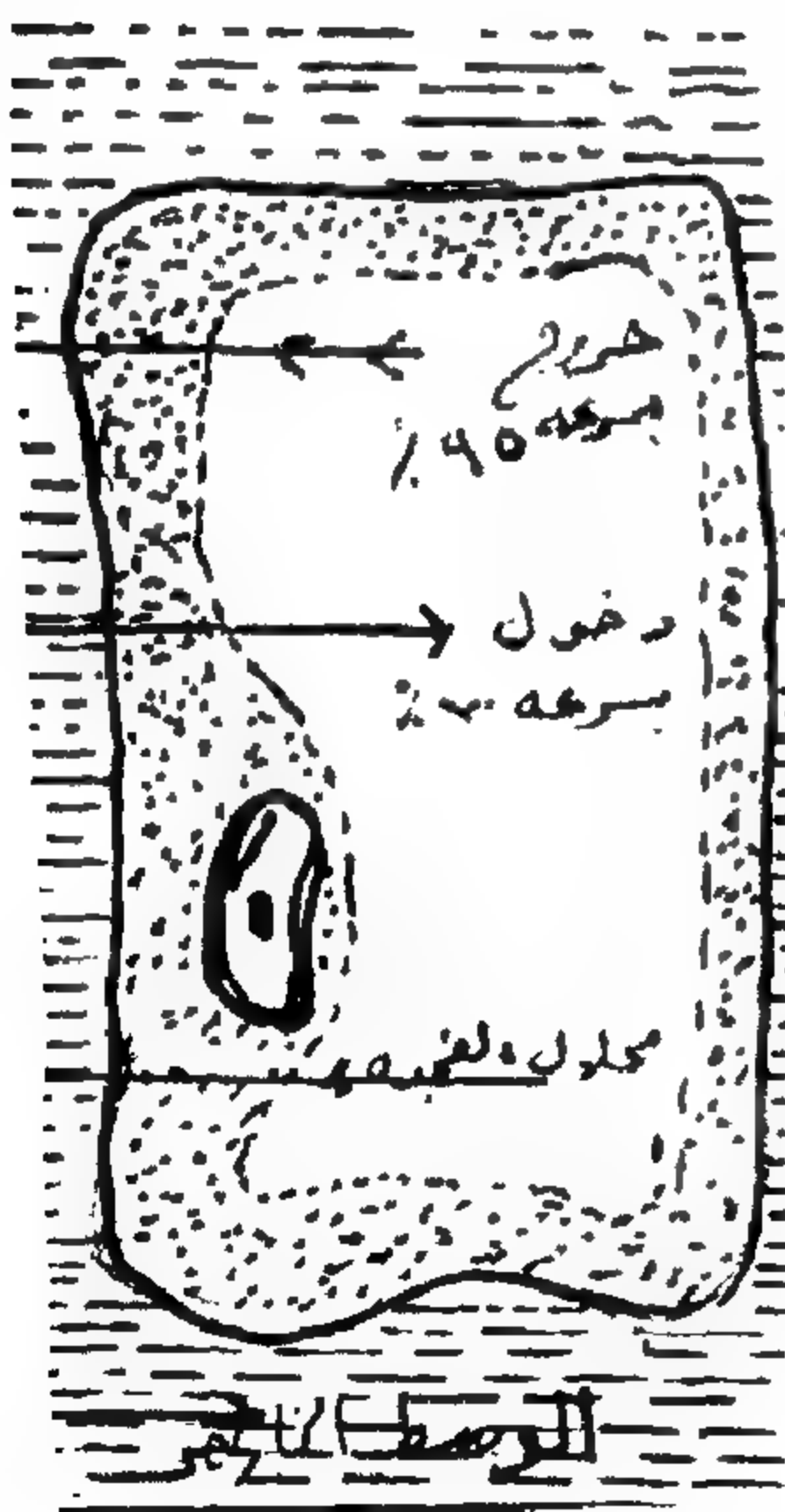
علاقة الخلية بالماء .

من المعلوم ان الخلية النباتية تحتوى على فجوة عصارية كبيرة مملوءة بمحلول من الماء وبعض المواد الذائبة كالسكريات والأملاح والأحماض العضوية مما يجعل لمحلول الفجوة ضغطاً أزموزياً تختلف قيمته باختلاف كميته ونوع المواد الذائبة فيه .

ولكى نتعرف على علاقة الخلية النباتية بالماء أو بالوسط الخارجى نفرض ان هناك خلية منفردة وان هذه الخلية موضوعة فى سائل ما - هذا السائل اما ان يكون ماءً

نقياً أو محلولاً مخففاً من الذائبات أقل تركيزاً من العصير الخلوي للفجوة ويسمى المحلول في هذه الحالة بالمحلول ناقص الأزموزية Hypotonic solution ، أما إذا كان المحلول الخارجى أكثر تركيزاً من العصير الخلوي للفجوة سمي المحلول زائد الأزموزية Hypertonic solution ، أما إذا تساوى تركيز المحلول الخارجى وتركيز العصير الخلوى سمي المحلول سوى الأزموزية Isotonic solution .

ولنفرض الآن أن الخلية موضوعة في ماء نقى وأن الغشاء البروتوبلازمى للخلية شبه منفذ . هذا الغشاء البروتوبلازمى شبه المنفذ يفصل بين محلولين : أولهما الفجوة ومحلولها أكثر تركيزاً من الوسط الخارجى (الماء النقى) ، وثانيهما الماء النقى وهو ناقص التركيز بالنسبة لمحلول الفجوة . وعلى ذلك فكل ما يدخل الخلية الى الفجوة أو كل ما يخرج منها لابد أن يمر خلال الغشاء البروتوبلازمى شبه المنفذ . تظل المواد الذائبة في الفجوة العصارية باقية داخل الخلية لأن الغشاء البروتوبلازمى لا يسمح لها بالنفاذ الى الخارج ولكنه يسمح لماء الفجوة بالنفاذ الى الخارج كما يسمح للماء النقى بالوسط الخارجى بالنفاذ الى داخل الفجوة . ولما كان تركيز الماء في الخارج (١٠٠٪) اعلى منه في الداخل (اقل من ١٠٠٪) فإن سرعه دخول الماء الى الخلية تكون اكبر من سرعه خروجه منها ، ويترتب على ذلك زياده حجم الفجوة العصارية نتيجة لدخول الماء اليها فيتخفف العصير الخلوى وتضغط الفجوة العصارية التى



ازدادت في الحجم على الغشاء البروتوبلازمى فيتمدد ويستمر في التمدد حتى يلامس الجدار الخلوى في النهاية ويضغط عليه . ولما كانت قابليه الجدار الخلوى للتمدد محدودة نظراً لقله مرونته فإنه يضغط بدوره على الغشاء البروتوبلازمى ويعوق تمدده (شكل ١١) فلو كان هذا الجدار الخلوى ضعيفاً فإنه يتمزق أو ينفجر ، كما يحدث عند وضع نبات من

(شكل ١١) خلية نباتية موضوعة في الماء

لاحظ دخول الماء اليها بمعدل اسرع من خروجه .

النباتات التى تعيش في الماء المالح في ماء عزب أو مقطر . أما إذا كان متيناً كما هي الحال في النباتات الارضية فإنه يقاوم الضغط الحادث من ضغط الغشاء البروتوبلازمى وكذلك يقاوم زيادة حجم السائل ويترتب على ذلك وقف دخول الماء الى الخلية أكثر من ذلك وتكون قد امتصت من الماء أقصى مايمكنها أن تمتص .

وتعرف الخلية في هذه الحالة بأنها منتفخة Turgid ويتولد في مقابل ذلك ضغط على جدران الخلية من الداخل يسمى ضغط الأنفتاح Turger Pressure ويقاوم هذا الضغط ضغط آخر مساو له في القيمة ومعاكس له في الاتجاه (من الخارج الى الداخل) ويسمى ضغط الجدار Wall Pressure . ويلاحظ انه بمجرد تلامس الغشاء البروتوبلازمي للجدار الخلوي أن الماء لا يدخل الخلية بقوة الضغط الأزموزي لعصير الفجوة بل الواقع أنه يدخل الخلية بقوة تساوي الفرق بين الضغط الأزموزي للخلية والضغط الجداري المضاد وتعرف هذه القوة بقوة الأمتصاص Suction Force .

مثال :

إذا كان الضغط الأزموزي للعصير الخلوي لخلية نباتية قبل وضعها في الماء النقي مساوياً ١٠ ضغط جوى وضغط جدارها الخلوي المضاد يعادل ٦ ضغط جوى ، فعند وضع هذه الخلية في الماء فإنه ينفذ خلال أغشية الخلية الى الداخل بقوة أمتصاص قدرها ١٠ - ٦ ض . جـ فيترتب على ذلك زيادة حجم الفجوة العصارية وينقص تركيزها وبالتالي ينقص ضغطها الأزموزي بينما يزداد ضغط الجدار الخلوي المضاد نتيجة لتمدد البروتوبلازم عقب امتصاص الماء تستمر هذه الزيادة في حجم الفجوة مع نقص في ضغطها الأزموزي حتى تصل الخلية الى حالة الأمتلاء او الانتفاخ ولنفرض ان ضغطها الأزموزي قد أصبح ٨ ضغوط جوية بعد أن كان ١٠ فعند ذلك يكون ضغط الجدار الخلوي يساوي ٨ ضغط جوى وهى نفس قيمة الضغط الأزموزي الجديد للعصير الخلوي .

ويجب ملاحظه انه يعبر عن الضغط الأزموزي عادة بوحدات الضغط الجوى حيث ان واحد ضغط جوى يساوي ١٥ رطلاً على البوصة المربعة أو ٢٢ قدماً من الماء على البوصة المربعة أو ٧٦ ملليمتر من الزئبق على البوصة المربعة .

والضغط الأزموزي ليس ضغطاً حقيقياً حادثاً في المحلول بل ان الضغط الأزموزي يمكن التعبير عنه بالقياسات . بمعنى انه اذا فرض ان هناك محلول بكأس زجاجي ضغطه الأزموزي ٥ ض . جـ هذا يعنى انه يمكن لهذا المحلول ان يولد ضغط جداري يساوي ٥ ض . جـ (نظرياً وفي أحسن الظروف) ويمكن تعريف الضغط الأزموزي لاي محلول على انه الضغط اللازم بذله على سطح هذا المحلول لمنع دخول جزيئات الماء او المذيب اليه .

ومن ذلك يتضح انه عندما تصل الخلية الى هذه الحالة من الانتفاخ لايصبح تركيز عصيرها الخلوي مساوياً لتركيز الوسط الخارجى لأنه لم يزل للخلية ضغط ازموزي ولم يزل الوسط الخارجى ماء وإنما يرجع سبب وقف دخول الماء الى الخلية بالرغم من

عدم تساوى التركيزات فى الداخل والخارج الى سببين : أولهما خاصية الغشاء البروتوبلازمى شبه المنفذ فلا يسمح لذائبات الفجوة بالنفاذ وثانيهما تعادل الضغط الازموزى للعصير الخلوى عند الانتفاخ مع ضغط الجدار للخلية أى تعادل الضغوط المتعارضة فى الخلية .

فاذا رمزنا لقوة الأمتصاص بالرمز ص والضغط الأزموزى للعصير الخلوى بالرمز ض وللضغط الجدارى بالرمز جـ فإن : -

$$ص = ض - جـ$$

وفى حالة انتفاخ الخلية تصبح ص = صفر أى أن ض = جـ

وهذا هو سلوك الخلية اذا كان الوسط الخارجى ماءً نقياً . أما اذا كان الوسط الخارجى محلولاً له ضغط أزموزى معين وليكن ضغطاً جويماً واحداً ورمزنا له بالرمز ص فإن هذا الضغط الازموزى الجديد للمحلول الخارجى يعمل مع الضغط الجدارى فى مقاومة دخول الماء الى الخلية وعلى ذلك يكون :

$$ص = ض - (جـ + ض)$$

قوة الامتصاص = الضغط الأزموزى (الضغط الجدارى + الضغط الأزموزى للمحلول الخارجى)

$$ص = ض - جـ - ض$$

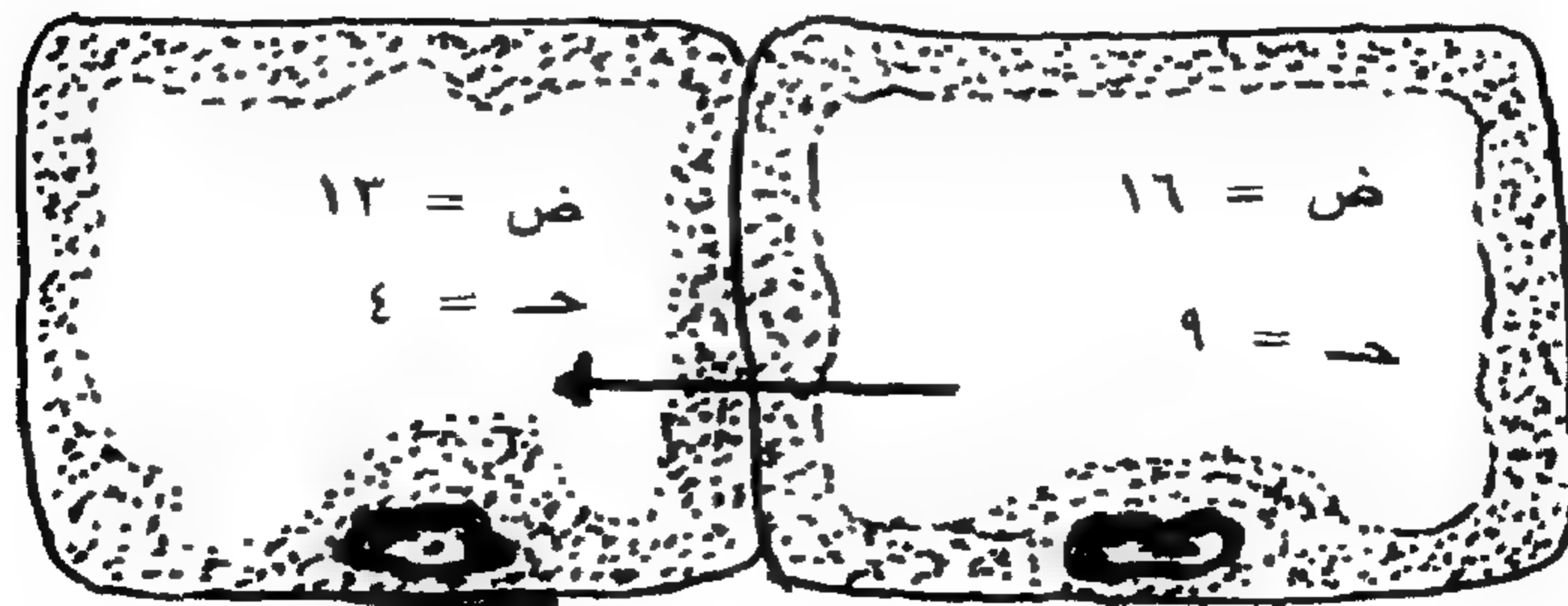
وفى حالة انتفاخ الخلية فإن ص تساوى صفرأً

$$أى أن ض = جـ + ض$$

ولكى نوضح أن أمتصاص الخلية للماء انما يتوقف على قوة أمتصاصها وليس على قيمة ضغطها الازموزى ، نتصور خليتين ١ ، ب وضعتا بحيث تتلاصق جدرهما فيسهل تبادل الماء بينهما ، وكانت قيمة الضغط الازموزى للخلية ١ = ١٦ ضغطاً جويماً فى حين كان ضغطها الجدارى = ٩ ضغوطاً جوية .

ب

١



(شكل ١٢) خليتين متجاورتين ويمثل السهم اتجاه الماء من الخلية (١) الى (ب)

فلكى نعرف أى الخليتين تمتص ماءً من الأخرى نقدر قوة الامتصاص لكل منهما : ص (للخلية ١) $= 16 - 9 = 7$ ضغطاً جويّاً .
ص (للخلية ب) $= 13 - 4 = 9$ ضغطاً جويّاً .

فالبرغم من ان الخلية (١) كان ضغطها الازموزى أعلى من الضغط الازموزى للخلية (ب) الا أن قوة الإمتصاص للخلية (ب) أكبر منها للخلية (١) ومعنى هذا أن الماء ينتقل من الخلية (١) الى الخلية (ب) وليس كما يبدو من أول وهلة من ان الماء ينتقل من الخلية (ب) الى الخلية (١) اعتماداً على أن الضغط الازموزى للخلية (١) أعلى منه للخلية (ب) .

بعض العوامل التى تؤثر على الضغط الازموزى للمحاليل :-

١ - الضغط الازموزى لاي محلول ناشئ أساساً من المواد الذائبة فيه لذلك فإن التركيز هو العامل الاول المؤثر على الضغط الازموزى . فاذا كانت المادة الذائبة غير متأينة مثل السكر مثلاً وان جزيئات هذه المادة لا تنتمى Hydration فإن الضغط الازموزى للمحلول سيتناسب تناسباً طردياً مع تركيز المادة الذائبة . فإذا أذيب الوزن الجزئىء بالجرام من اى مادة غير متأينة فى لتر ماء مقطر (محلول عيارى Molar) فإن الضغط الازموزى لهذا المحلول سيساوى ٢٢,٤ ض جـ عند درجة حرارة صفر مئوية وهذا ينطبق على جميع المحاليل المحضرة من مادة غير متأينة حيث ان جميع الاوزان الجزيئية لها ستحتوى على نفس عدد الجزيئات .

٢ - اذا كانت المادة الذائبة متأينة فيجب مراعاة ذلك فاذا أذيب مثلاً ص كل (كلوريد الصوديوم) فان هذه المادة تتأين ولذلك يزيد عدد وحدات هذه المادة فى المحلول وهذه الزيادة ستتوقف بدورها على درجة او نسبة التأين . فاذا فرض ان ٥٠٪ من مادة معينة وليكن ص كل تتأين الى مكوناتها عند اذابتها فى الماء فإن عدد الوحدات او الجزيئات سيزيد عما اذا كانت غير متأين بنسبة ١٥٠٪ أى مرة ونصف (١,٥) ضعفاً مما يوجد فى المحلول اذا كان الذائب غير متأين لذلك يصبح الضغط الازموزى للمحلول $22,4 \times 1,5 = 33,6$ ض جـ . اما اذا تأينت جزيئات ص كل كلها فإن ذلك سيؤدى الى ضغط ازموزى $22,4 \times 2 = 44,8$ ض جـ نظرياً .

٣ - الحرارة تؤثر على الضغط الازموزى للمحاليل ويزداد هذا الضغط لمحلول معين بزيادة درجة الحرارة وذلك لزيادة نشاط جزيئات أو أيونات المادة الذائبة بارتفاع الحرارة .

٤ - مكونات الجدار ومكونات الخلية النباتية وبعض اجزائها في بعض الأحيان لها القدرة على التشرب Imbibition بالماء ويعتبر ذلك عاملاً على زيادة قوة الامتصاص الأزموزي للخلية حيث ان الماء الحر سيقبل عن كمية الماء الكلى ويكون ذلك عاملاً مساعداً بالإضافة الى الضغط الأزموزي على زيادة قوة الامتصاص الأزموزية وقد يتم تشرب الماء على هيئة بخار او على هيئة محلول ويلاحظ في البذور النامية ان محتوياتها لها قدرة عالية على التشرب مما يساعد على امتصاص خلايا هذه البذور للماء . وفي هذه الحالات يجب وضع هذا في الاعتبار عند تطبيق معادلة حساب قوة الامتصاص الأزموزية حيث تصبح :

$$ص = [ض + ت (ضغط التشرب)] - ج$$

او ص = ت اذا كانت المادة المتشربة غير محدوده بغشاء .

البلمزة : Plasmolysis

اذا وضعت الخلية النباتية في محلول تركيزه او ضغطه الأزموزي أكبر من الضغط الأزموزي للعصير الخلوي للخلية . فإن الخلية لا تتوقف فقط عن امتصاص الماء بل انها تفقد من ماء عصارتها الخلوية . فاذا فرضنا وكان الضغط الأزموزي للخلية ١٠ ضغطاً جويّاً وانها وضعت في محلول ضغطه الأزموزي ١٨ ضغطاً جويّاً ، فإن الماء يخرج من الخلية فينكمش البروتوبلازم اى يتراجع البرتوبلاست للداخل مبتعداً عن جدار الخلية ويقل ضغط الجدار الخلوي عليه حتى ينعدم كلية وتصبح جـ في المعادلة السابقة = صفر

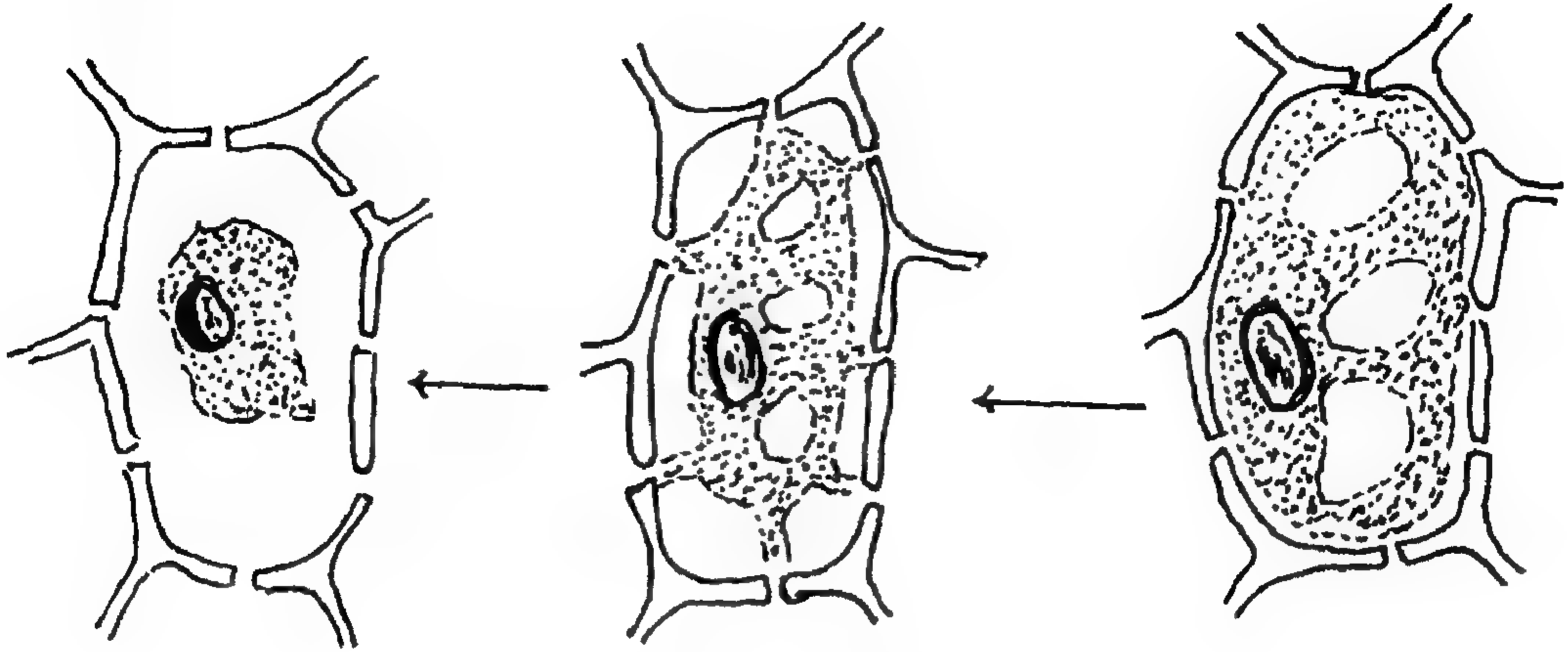
$$ص = ١٠ - صفر = ١٨$$

$$= ٨ ضغط جوى$$

اى ان للخلية قوه أمتصاص سالبه ومعنى ذلك ان الماء يخرج من الخلية الى الوسط الخارجى ويترتب على ذلك ان ينقص حجم العصير الخلوي ويزداد تركيزه اى يزداد ضغطه الأزموزي وينكمش البروتوبلازم .

فاذا ما أستمر الماء في الخروج من الخلية بعد الوصول الى حالة الارتخاء فإن الجدار البروتوبلازمي يساير النقص في الماء لمرونته فيأخذ في الانفصال التدريجي عن جدار الخلية - الذى لا يكاد يتأثر من هذه الحالة - ويكون انفصال الغشاء البروتوبلازمي عن الجدار الخلوي إما جزئياً أو كلياً حسب درجه تركيز المحلول الخارجى . وعند الوصول الى هذه الحالة تعتبر الخلية في حالة بلزمه Plasmolysis .

واذا كانت الخلية قد وصلت الى درجة شديدة من البلمزة فانها تؤدى الى انفصال البروتوبلازم انفصالا كلياً عن الجدار الخلوي وتكوره في وسط الخلية بعد ان تنقطع خيوط البلازمودزما التى تصل مابين بروتوبلازم الخلايا وبعضها (شكل)



(شكل ١٣) طريقه حدوث البلزومه

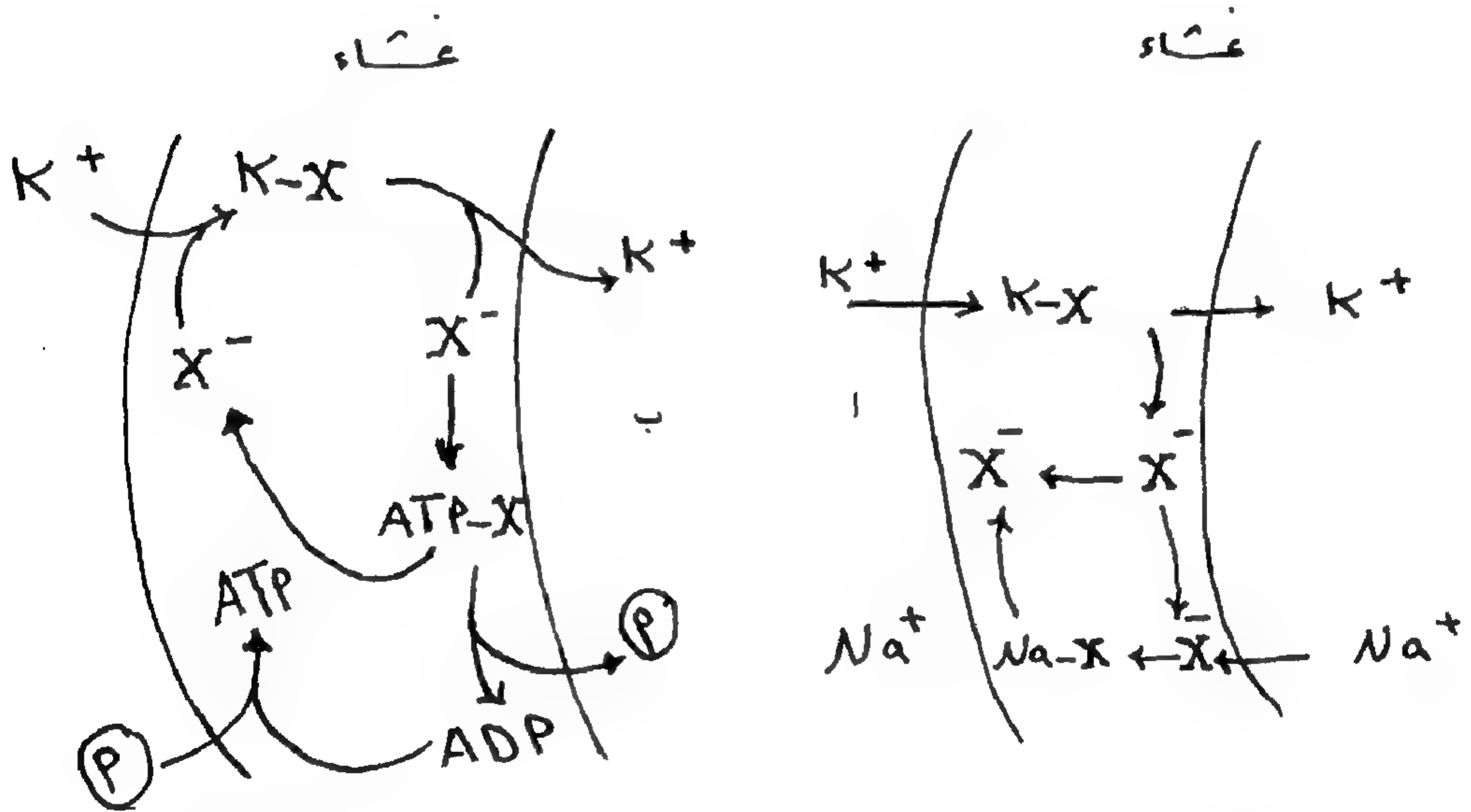
اما اذا أعيدت الخلية المبلزمة الى الماء النقي فإن الخلية تأخذ في استرداد حالتها الاولى وتستعيد امتلاءها تدريجيا نتيجة لدخول الماء فيزداد حجم العصير الخلوى ويأخذ الغشاء البروتوبلازمى وضعه الطبيعى . ويعبر عن خطوات امتصاص الخلية المبلزمة للماء بشفاء البلزومة Deplasmolysis

اما اذا تركت الخلية فى المحلول الزائد التركيز فإن وفاه الخلية سيكون النتيجة . ويمكن اجراء ذلك عمليا عند وضع خلايا البنجر مثلاً والمحتوية على الصبغة الذائبة فى الفجوة العصارية فى محلول زائد التركيز سيلاحظ ان الصبغة تظل داخل الفجوة مما يدل على ان غشاء الفجوة مازال محتفظا بخواصه الحيوية اما اذا عوملت الخلية بمذيبات عضوية مثل الكلوروفورم او الكحول فان الصبغة ستنفذ مباشرة فى المحلول الخارجى مما يدل على موت الغشاء وهذا بدوره يدل على ان الأغشية البلازمية تؤدي عملها (النفاذية الاختيارية) عندما تكون الخلية حيه فقط .

امتصاص الخلية النباتية للمواد الذائبة Absorption of Solutes

من الظواهر التى لم يتم معرفه كل مايحيط بها من تفاصيل هى مرور وامتصاص الخلية النباتية للذائبات المختلفة . وقد وضعت الكثير من النظريات العلمية التى تفسر طبيعة عمل الأغشية اختيارية النفاذية الحية ، ويمكن القول بصفه مبدئية ان هناك بعض العوامل التى تعمل على التأثير على قدرة الذائبات على النفاذ خلال الغشاء الخلوى ومنها درجة ذوبان المادة ودرجة تركيزها وحجم حبيباتها وكمية الشحنة (التكافؤ) عليها . فكلما زادت الشحنة كلما قل درجة وقابلية نفاذها فى الغشاء وبذلك تكون المواد الغير متأينه اكثر قدرة على النفاذية لعدم تواجد شحنات عليها يمكن ان تتعارض مع الشحنات المختلفة المتواجدة بغشاء الخلية .

ويلاحظ ان نسبة كبيره من الطاقة المنفردة بالخلية (نتيجة العمليات بها) يستغل في نقل المواد المختلفة من والى الخلية وخاصة اذا ماأخذ في الاعتبار قدرة الخلية على امتصاص بعض المواد التى يقل تركيزها بالبيئة المحيطة بالخلية عن تركيزها بالخلية نفسها (اى بطريقة منافية لقوانين الأنتشار البسيط) . ومن امثلة ذلك هو ان تركيز البوتاسيوم بمعظم الخلايا الحية يزيد كثيراً عن الوسط المحيط بها ومع ذلك يستمر امتصاص المزيد من البوتاسيوم من الوسط الخارجى بمعدل اكبر من فقدان الخلية لايونات هذه المادة . والحفاظ على هذا التركيز العالى من البوتاسيوم بداخل الخلية يحتاج فى الواقع الى طاقة مستمدة فى بعض الأحيان من مركبات الاديونسين ثلاثى الفوسفات (ATP) الغنى بالطاقة والناتج من عمليات التنفس .



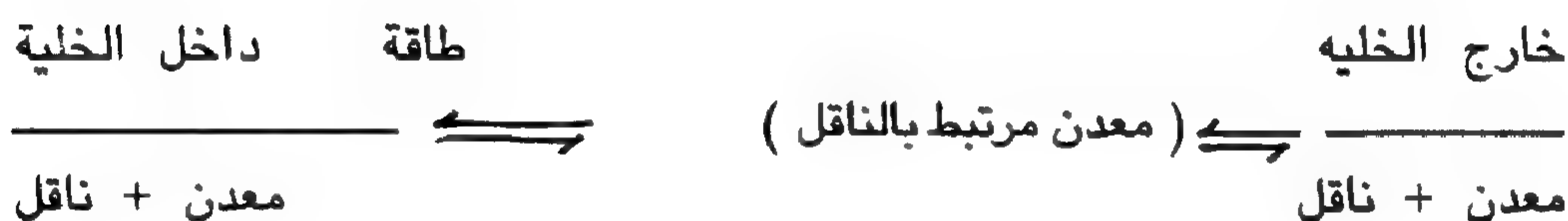
(شكل ١٤) أ - رسم مقترح لنفاذية كل من الصوديوم والبوتاسيوم

ب - رسم مقترح لبيان طريقه عمل ATP لنقل البوتاسيوم .

وهناك اعتقاد كبير فى أن الطاقة فى هذه الحالة لازمة اساسا لطرد ايونات الصوديوم من داخل الخلية وان البوتاسيوم يدخل بدون طاقه عن طريق النقل السالب Passive Transport ليحافظ على التركيز الايونى بالخلية . وقد وضعت كثير من النظريات العلمية لتفسير الطريقه التى ينقل بها الايون المعين على جانبى الغشاء الخلوى او الطريق التى تستغل بها الطاقة فى ذلك وقد لوحظ ان مركبات ال (ATP) تستغل ليس فقط لاعطاء الطاقة اللازمة لنقل المواد بل تعمل هذه المركبات كما هى على النقل ايضا وقد اكتشفت حديثا ان هذه المركبات تتواجد فى أغشية الخلية وأغشية بعض

مكوناتها ويبين (الشكل ١٤) رسم مقترح لنقل الكالسيوم والبوتاسيوم خلال الغشاء الخلوى . وتغير عن بعض مواد ناقله تسمى (carriers) وفي هذه الحالة بالذات فان المادة الناقلة هي مركبات ATP نفسها والتي تلزم كمصدر الطاقة والنقل أو هي مركبات متحدة مع ناقل معين $ATP \rightarrow X$ كما هو مبين (بالشكل ١٤)

ويمكن تفسير ذلك بالنظرية الحديثة وهي نظرية الناقلات أو الأنزيمات والتي تفترض ان هناك مواد متخصصة في نقل الذائبات الى داخل الخلية وهي موجودة في الغشاء البلازمى وتتكون من بروتينات (او بروتينات نووية) وتقوم كل منها بنقل نوع معين من الايونات خلال الغشاء البلازمى الى الداخل تماما كما يحدث في التفاعلات الأنزيمية وأثناء عملية الانتقال هذه تنطلق طاقه حرارية أثناء عملية الامتصاص لكى تمكن الخلية من امتصاص ماتريده والمحافظة على الايونات الممتصة فى الداخل وكذلك العمل على تركيز هذه الايونات فى الداخل حتى ولو كان تركيز هذا الايون فى الخارج محدوداً .



الانسجه والاجهزه النسيجه

أن الخليه التى تعرفنا عليها لا تقوم بوظائفها على الوجه الاكمل فى النباتات الزهرية الا إذا تكاثفت مع بعضها من الخلايا وكونت مجموعه قد تكون متشابهة تماماً أو مختلفه تعرف باسم النسيج وكما سنرى فإن مجموعه الأنسجه تكون العضو النباتى ومن مجموعه الأعضاء يتكون جسم النبات الكامل .

وتبعاً للدور والوظيفه ومدى ما وصلت اليها الخلايا من تطور قسمت الأنسجه الى مجموعتين كبيرتين الأولى تعرف بالأنسجه الانشائيه وخلاياها قادره على الانقسام وتكوين خلايا جديده ولم يتم فيها التخصص . اما اذا ما تم التخصص والنضج فإنها تنتمى الى المجموعه الثانيه وهى المعروفه باسم " الأنسجه الدائمه " مع ملاحظه أن صفه الدوام ليست مطلقه فقد تتحول مرة أخرى الى انشائيه كما يحدث فى خلايا البشرة أو القشره عند تحولها الى نسيج انشائى يعرف باسم الكمبيوم الفلينى وذلك بعد انقضاء عدة شهور على تمام نضجها .

اولاً الأنسجه الانشائيه Meristematic tissues

تختلف خلايا الانسجه الانشائيه عن خلايا الأنسجه الناضجه بوجود ستيوبلازم غزير ، وفجوات عصاريه صغيره وقد لا توجد . وانويه كبيره وجدران رقيقه . كما لا يوجد مسافات بينيه بالاضافه الى قدرتها الكبيره على الانقسام . وتصنف الانسجه الانشائيه تبعاً لعدد من الاعتبارات فاذا قسمت تبعاً للمنشأ كان منها النسيج الابتدائى Primary meristems وهو ذلك النسيج الناشئ من استمرار انقسام خلايا الجنين كما يحدث فى النسيج القمى للسيقان أو البذور الابتدائيه وكذلك مبادئ الأوراق والكمبيوم الحزمى وينتج عن هذا النسيج ما يعرف بالانسجه الابتدائيه فى النبات كما يحتوى هذا التقسيم على نسيج انشائى ثانوى Secondary meristem وهو ينشأ من خلايا بالغه عادت مره أخرى الى النشاط والقدره على الانقسام كما يحدث فى الكمبيوم الفلينى والكامبيوم بين الحزمى وكمبيوم الجروح وغالباً ما تكون من خلايا برنشيميه والاعتبار الثانى فى التقسيم يكون على أساس الوظيفه او الأنسجه الناتجه من هذا النسيج الانشائى . فتنقسم الى :

انسجه انشائيه اوليه :- وهى الانسجه الاصيليه التى يتكون منها خلايا القمم الناميه فى السوق والجذور والبراعم وتنشأ من الخلايا الانشائية الموجوده فى الجنين وعندما تبدأ الخلايا فى تغير حجمها وشكلها تتحول الى مرحله اخرى وهى الانسجه الانشائية الابتدائيه أى انها ذات تاريخ متصل (ما عدا قمم الجذور والبراعم الجانبيه العرضيه وبعض انواع انسجه الجروح) وتوجد الانسجه الانشائية الابتدائيه Primary Meristems قريبا من القمم الناميه وهى تتولى انتاج اجزاء النبات الأساسيه وقسمت هذه الانسجه الى اصل البشريه Derwatogen واصل القشرة Periblem واصل الأسطوانه Plerowe وفى تقسيم آخر قسمت الى اصل البشريه واصل الاسطوانه الوعائيه .

ثم نعود الى التقسيم الاصلى والذى ميزنا منه النسيج الانشائى الاولى الابتدائى ونجد نوعاً آخر هو الانشائى الثانوى وهو ينشأ من انسجه سبق لها النضج وكانت قد تحولت الى انسجه دائمه لفتهر ما فى حياتها أى تنشأ من خلايا غير انشائية وتعمل هذه الانسجه على اضافته انسجه جديده تستبدل من ناحيه النشاط الوظيفى بالانسجه السابقه أو تدعمها أو تقوم بحمايه مناطق الجروح وتضميدها .

ومن التقسيمات الهامه بالنسبه للانسجه الانشائية التقسيم تبعاً لموضعها فى النبات فنجدها تنقسم الى ثلاث مجاميع .

١ - نسيج انشائى طرفى أو قمى Apical meristem

وتوجد عادة فى القمم الناميه عند اطراف الجذور والسوق واحياناً فى اطراف الأوراق وذلك فى النباتات الوعائيه وينتج عن نشاطها استطاله الاعضاء الطرفيه وبناء جسم النبات ويوجد خليه واحده أو عدده خلايا تكون فى مقدمه وعلى رأس النشاط وتحافظ هذه الخليه على كيانها ووضعها . وتسمى منشئات طرفيه أو خلايا طرفيه وتوجد الخلايا فى صورته مفرده فى اغلب السرخسيات وبعض التريديات اما اغلب النباتات فتكون عدة خلايا والشكل الغالب للخلايا الطرفيه فى النباتات الوعائيه هو الشكل الهرمى ذو الثلاث اوجه الانشائية بمعنى أن لها اربعة اوجه ولكن انشاء الخلايا الجديده يكون من ثلاثه فقط . اما الوجه الرابع فيتجه فى ناحيه النمو الى الامام وقد تنشأ عنه خلايا جديده كما يحدث فى الجذور .

٢ - نسيج انشائى بينى Intercalary meristem

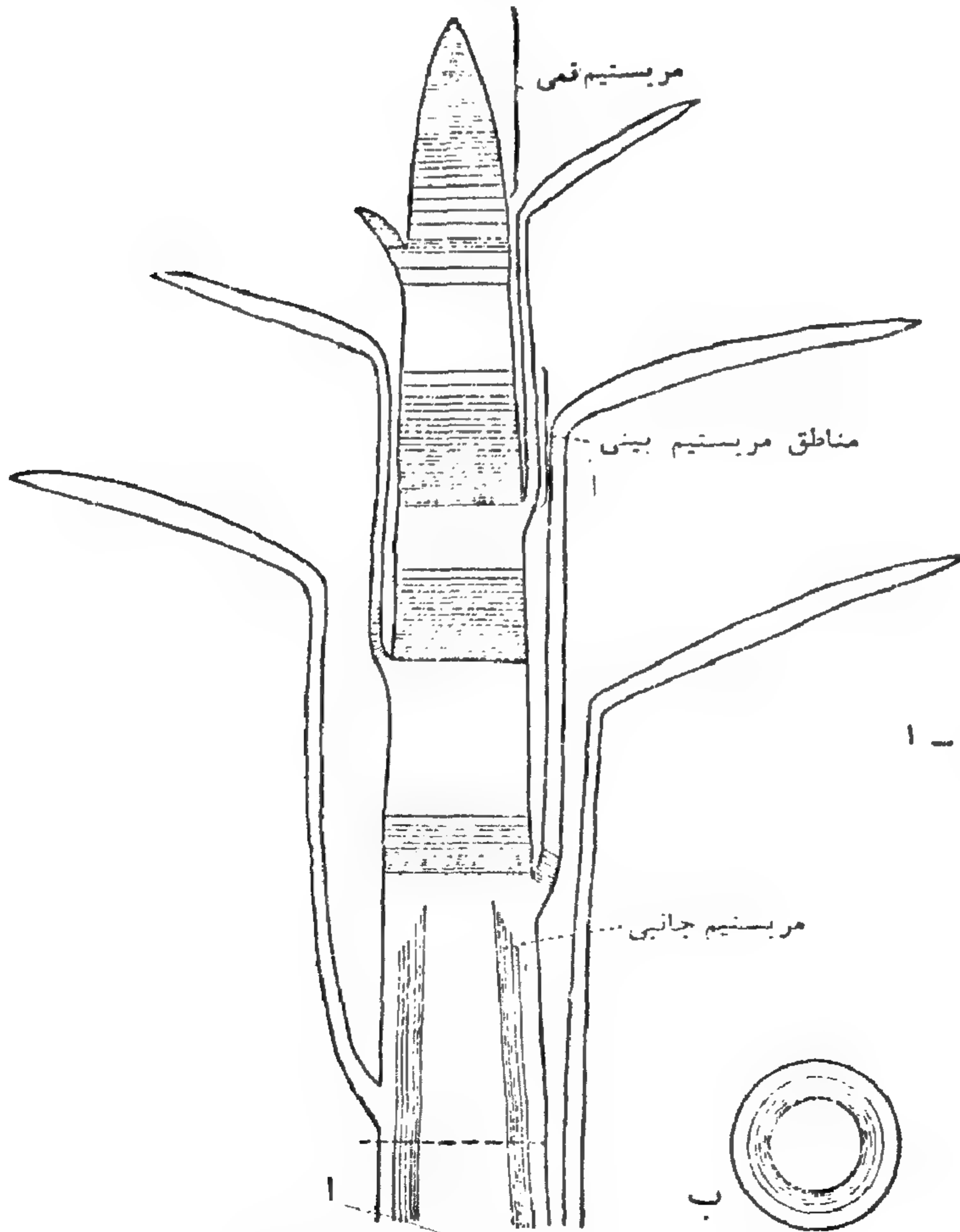
تنعزل اجزاء من النسيج الانشائى اثناء النمو وتنفصل عن النسيج الانشائى الطرفى الذى يستمر فى النمو بينما تنضج طبقات من الخلايا . ويسمى النسيج

الانشائي المحصور بين طبقات من الانسجه الناضجه بالنسيج الانشائي البيني وتكون الطبقات الناضجه هي السلاميات اما النسيج الانشائي فيكون في منطقه العقد بين السلاميات حيث تتكون العقده في المراحل المبكره للنمو من نسيج انشائي خالص .

وتوجد الامثله الواضحه للنسيج الانشائي البيني في سوق النجيليات وغيرها من نوات الفلقه الواحده كى توجد في بعض انواع النعناع وبتقدم العمر يختفى النسيج الانشائي فيتحول الى انسجه دائمه .

٣ - انسجه انشائيه جانبيه Lateral meristems

تتكون هذه الأنسجه من خلايا تتميز بانقسامها في اتجاه سطح مواز لامتداد المحور وتعمل على زياده قطر العضو الذى يحتويها أى تعمل على اضافته انسجه جديده بالاضافه الى انسجه موجوده فعلا ومن امثلتها الكمبيوم الوعائى والكمبيوم الفلينى .



١ - منظر طولى .

ب قطاع عرضى عند الخط ١ - ١

(شكل ١٥) مواضع الانسجه الانشائيه .

الكامبيوم الوعائي Vascular Cambium

هو نسيج انشائي في نباتات ذوات الفلقتين خلاياه تعطى خلايا جديدة تكون خشبا للداخل ولحاء للخارج . فالانقسام المماسي للخلية الكامبيومية يؤدي الى تكوين خليتين متماثلتين تبقى احدهما انشائية وهى الخلية الكامبيومية الدائمة وتتحول الثانية الى خلية خشب او لحاء تقوم بتكوين خلايا جديدة وتسمى هذه الخلايا بالخلايا المغزلية وتتميز بانها طويلة مستدقة في اتجاه المحور الطولى للعضو النباتى وهى منتظمة الشكل في القطاع العرضى وتختلف من حيث نسبة الطول الى العرض المماس .

اما النوع الثانى فهو الخلايا الاشعاعية ray فهى خلايا صغيرة متساوية الأقطار تقريباً تعطى عند انقسامها خلايا برنشيمية مكونة الاشعة النخاعية والاشعة الوعائية .

والخلية تحتوى على بروتوبلاست وفجوه ومحاطة بطبقة رقيقة من السيتوبلازم ويتحرك حركه انسيابية نشيطة فيما عدا فترات الكمون والنواه كبيره .

الكامبيوم الفلينى (فلوجين) Phellogen

يعتبر الكامبيوم الفليني من حيث الموضع نسيجا انشائيا جانبيا وفي نفس الوقت فهو خير مثال للنسيج الانشائي الثانوى حيث ينشأ من خلايا حيه قد اصبحت ناضجه ومستديمه فى البشره او القشره او اللحاء . ويتسبب فى زيادة تغلظ المحور بانقسامه باستمرار فى اتجاه مماسى منتجا خلايا الى الخارج تعرف باسم الفلين Phellem (Crok) وخلايا للداخل تعرف بالفلولودرم Phelloderm او القشره الثانويه .

وتكون الطبقات الثلاث ما يسمى بالبريدرم Periderm وخلايا الكامبيوم الفليني عند بدايه تكوينها من البشره يلاحظ اختفاء الفجوات المركزيه وزياده كميته السيتوبلازم مع زياده تحببه - ويتلو ذلك حدوث انقسامات مماسيه متواليه كما تحدث انقسامات قطريه ايضا ولكن بدرجة اقل .

ثانيا : الانسجة المستديمه Permanen Tissaes

النسيج كما تعرفنا عليه هو مجموعه من الخلايا المتصلة المنتظمة ، المتشابهه فى النشأة والوظيفة الاساسية وقد يوجد فى داخل النسيج تباين كبير فى الشكل الخلوى وفى الوظيفة ، إلا أن الخلايا التى يتألف منها نسيج ما ، لابد أن تكون متلاصقه وأن تكون جزءا تركيبيا فى النبات وتقسم الانسجه المستديمه وهى تلك التى فقدت القدرة على النمو (ولو مؤقتا كما لاحظنا فى الكامبيوم الفليني) تبعا لعدة اعتبارات فقد قسمت حسب المنشأ إلى انسجة ابتدائية واخرى ثانوية وقسمت تبعا لتوزيع تلك

الانسجة في النبات إلى جهاز ضام محيط بالنبات وجهاز وعائى وهو انسجه الخشب واللحاء وجهاز اساسى ويشمل ما بين الجهازين السابقين . كما قسمت الى اجهزه متبعا للشكل والوظيفه :-

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| (١) جهاز ضام | (٢) جهاز بار نشيىمى |
| (٣) جهاز ميكانيكى | (٤) جهاز وعائى |
| (٥) اجهزه إفرازيه | |

كما قسمت تبعا لنوع النسيج ان كان مكونا من نوع واحد من الخلايا أو من عدة أنواع فكان التقسيم إلى انسجه بسيطه simple و انسجه مركبة أو معقدة Complex واكثر الانسجة البسيطة شيوعا البرنشيميه والكورنشيميه والاسكلرنشيميه أما النسيجان الموصلان وهما الخشب واللحاء فهما اهم أنواع الانسجة المعقدة .

١ - الانسجة البسيطة Simple Tissues

أ - النسيج البرنشيمى

وهو نسيج خضرى بسيط وتتميز خلاياه بتساوى الاقطار ورقه الجدر ذات النقر البسيطة ووجود البروتوبلاست والقدرة على الانقسام الخلوى وقد توجد بعض الحالات الشاذة في هذه الصفات لبعض النباتات كسمك الجدار في خلايا اندوسبرم بذور البلح والبن لترسب الهيميسليلوز تتخذ اشكالا مختلفة فقد تكون كرويه أو بيضيه أو اسطوانيه أو عديده الأسطح .

ويوجد النسيج البرنشيمى في النخاع والنسيج المتوسط في الأوراق ولب الثمار ومكونا اساسيا في القشره والبريسيكل كما يوجد كأحد مكونات النسيجان الموصلان الخشب واللحاء والاشعه النخاعيه الابتدائيه والثانويه . وقد قسم النسيج البرنشيمى تبعا للوظيفه وشكل الخلايا الى :

١ - نسيج برنشيمى مسئول عن البناء الضوئى Photosynthetic paranchyma

وهذه الخلايا المكونه لهذا النسيج تحتوى على كميه كبيره من البلاستيدات الخضراء واشتق لها اسم خاص لتمييزها عن باقى الخلايا البرنشيميه فسميت بالخلايا الكلورنشيميه لاحتوائها على الكلورفيل في البلاستيدات الخضراء Chlorenchyma وتأخذ شكلا خاصا في الاوراق .

ستتعرف عليها في دارسه الاوراق .

٢ - نسيج برنشيمي خاص بالتخزين Storage parenchyma

ينتج النبات عادة مواد غذائية كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون والزيوت اكبر مما يحتاج في عمليات البناء ويقوم بتخزينها في أماكن خاصة لحين احتياجه اليها في اطوار نموه المختلفه .. فيقوم مثلا بتخزين في خلايا خاصة بالجذور او الابلصال او الدرنات والكورمات والريزومات والثمار .

وقد يقوم النبات ايضا بتخزين الماء كما في النباتات العصارية الجافه .

٣ - نسيج برنشيمي خاص بالتهويه Aerenchyma

يوجد هذا النوع من النسيج البرنشيمي في النباتات المائية حيث تقل نسبة الاكسجين اللازم للتنفس . فيعمل النبات على اختزان الناتج من عملية البناء الضوئي وكذلك اختزان ثاني اكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس لاستعماله في البناء الضوئي . وذلك في فراغات هوائية ناتجة من تلاصق الخلايا ذات الجدر الرقيقه ببعضها مكونه هذا الفراغ .

بالاضافه الى هذه الوظائف الهامه تقوم بعض الخلايا البرنشيميه بوظائف اخرى كالافراز والأخراج كما تعمل بامتلائها بالعصير الخلوي على حفظ اعضاء النبات الرخوه في حاله قائمه .

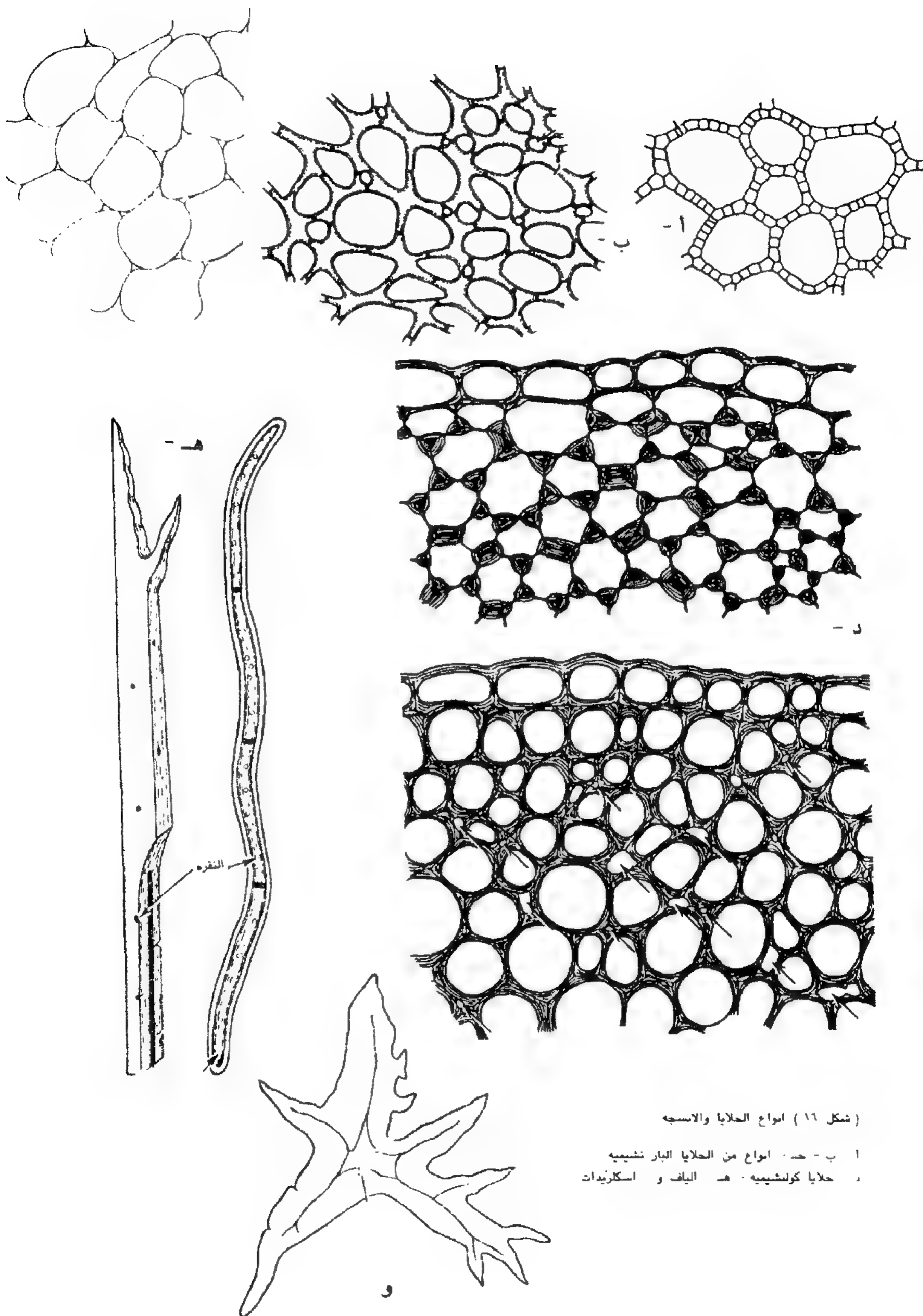
ب - النسيج الكولنشيمي

تتميز خلايا هذا النسيج بعدم تواجدها مع غيرها مع غيرها من الخلايا وهذه الخلايا مستطيله ، متبانيه الشكل ، جدرها غير منتظمه التغلظ ، اطرافها قائمه الزوايا او مائله او مستدقه ، يوجد بها بروتوبلازم ، تتراكم الخلايا وتتشابك مكونه اشطره تشبه اشطره الألياف .

الجدر تتكون من السليلوز والبكتين وتحتوى على نسبة عاليه من الماء مما يساعدها على التمدد وسرعه الموائمه للنمو السريع وتتكون مناطق شديده في تغلظها على هيئة اشطره طويله تشغل اركان الخلايا وهو الطراز الامثل لهذا النسيج .

والنسيج الكولنشيمي يوجد في كثير من السوق والاعناق والعروق الوسطيه للاوراق وبعض الشماريخ الزهرية وكثير من الاعناق الزهرية .

وظيفته الاساسية التدعيم في المراحل المبكره اى التدعيم المؤقت ثم لا يلبث ان تنسحق خلاياه وقد تمتص عند ازدياد تراحم الانسجه الابتدائية الخارجيه على البشره او البريديرم الاولى عند حدوث تغلظ ثانوى .



ج - النسيج الاسكرنشيمي

يقوم النسيج الاسكرنشيمي بالتدعيم ولكن تدعيم غير مؤقت .. ولذا تختلف خلاياه عن خلايا النسيج الكولنشيمي بان جدرها صلبه وملجننه وتحتوى على نسبه ضيئه من الماء . وعند تمام النضج تكون خاليه من البروتوبلاست . والتغليظ منتظم وشديد وتنقسم الخلايا تبعاً لشكلها الى الألياف والاسكريدات .

١ - الألياف :-

وهى خلايا مستطيله مدببه الاطراف - جدرها ملجننه غالباً - بعضها تتكون جدرها من السليلوز بدرجة كبيره والنقر فى الألياف صغيره جداً - مستديره ولا تؤدى عمل فى الخلايا البالغه لعدم وجود البروتوبلاست وتحتوى الخليه على تجاويف صغيره وقد لا توجد فى بعض المواضع .

توجد الألياف اما منفردة او فى مجموعات صغيره مبعثره بين خلايا اخرى وتكون اشعه او صحائف من الانسجه تمتد طولياً لمسافات كبيره ويعزى اهميتها كنسيج تقويه الى انتظامها فى كتل طويله وتراكيب خلاياها وتشابكها وتقسم الألياف الى نوعين .. احدهما وهو الموجود فى القشره والبريسيكل واللحاء وتحتوى خلاياه على نقر بسيطه اما الثانى فهو الموجود فى الخشب وتحتوى خلاياه على نقراً مضافه .

٢ - الاسكريدات :-

وهى النوع او الشكل الثانى من الخلايا الاسكرنشيميه وخلاياه متساويه الاقطار وبعضها مستطيله وتختلف وتتفاوت الاسكريدات فى شكلها وتغلظ جدرها وشكل النقر وعددها وتتميز بالتغلظ الشديد جداً فى وكذلك شدة التلجنن واحياناً تتسوبر وتتكون وكثيراً ما يستعمل اصطلاح " الخلايا الحجرية Stone cels " او الاسكريدات القصيره على الاسكريدات .. هذه الخلايا الحجرية او الاسكريدات قد تكون خلايا منفردة او توجد متجاوره مفككه او قد تلتصق ببعضها . ومن الامثله لتلك التجمعات ما هو موجود فى الاجزاء الصلبه فى لحم ثمره الكمثرى والسفرجل . وقد توجد الاسكريدات فى اى مكان من جسم النبات الا انها تكثر فى القشره واللحاء والثمار والبذور .

ثانيا : الانسجه المستديمه المعقدة : -

هو احد مكونات الجهاز الوعائى المسئول عن نقل الماء والمواد المعدنيه من التربه الى النبات اما المكون الاخر للجهاز فهو اللحاء الذى يقوم بنقل المواد المجهزه من الاوراق الى باقى اجزاء النبات كما ان للخشب وظائف ثانويه كالتدعيم او تخزين المواد الغذائيه فى برنشيمه الخشب ويتكون الخشب من عدة انسجه هى : -

- (١) العناصر الناقله ومنها القصيبات والاعويه .
- (٢) الياف الخشب .
- (٣) برانشيمه الخشب .

وتبعاً لمنشأ الوعاء ان كان من خلايا انشائية من اصل الاسطوانه Procambium او كان ناتجا من الكامبيوم فإنه يتحدد نوع الخشب فالاول يسمى خشب ابتدائى والثانى يسمى الخشب الثانوى . وتبعاً للعمر فى الخشب الابتدائى يتحدد الخشب الاول والثانى .

اولا : الخشب الابتدائى :

١ - العناصر الناقله Tracheary elements

تختلف العناصر الناقله باختلاف النباتات ففى معظم معراة البذور والنباتات الاولى وبعض مغطاه البذور يوجد ما يعرف بأسم القصيبات Tracheids اما فى معظم مغطاه البذور وبعض السرخسيات وكذلك فى Gnetales من معراة البذور فتوجد عناصر ناقله تعرف باسم الاعويه Vessels

١ - القصيبات

هى خليه ميتة عند البلوغ مستطيله مدبيه الاطراف لا تحتوى على البروتوبلاست ، جدرها صلبه ملجنفه اطرافها غير مستدقه بانتظام نمو القمه فى جميع المستويات والقصيبه مهيأه للقيام بوظائفها فى توصيل الماء اولا والتدعيم ثانيا فهى انبويه طويله ، فارغه متينه الجدر - تمتد فى اتجاه مواز للمحور الطولى للعضو ، وتتصل بما يلاصقها من قصيبات عن طريق نقر عديده سواء كانت الخلايا المجاوره حيه او غير حيه .

كما تنظم القصيبات بحيث تتراكب الخلايا المتلاصقه على الاقل فى الاجزاء المستدقه حيث تكثر النقر وعلى ذلك تنهى مجار للانتقال فى الاتجاه الطولى خلال سلسله من التجاويف ويتم الاتصال من خلال اغشيه النقر والقصيبه تعمل كخليه تدعيميه - اما ادخار الغذاء فتختص بها برنشيمه الخشب .

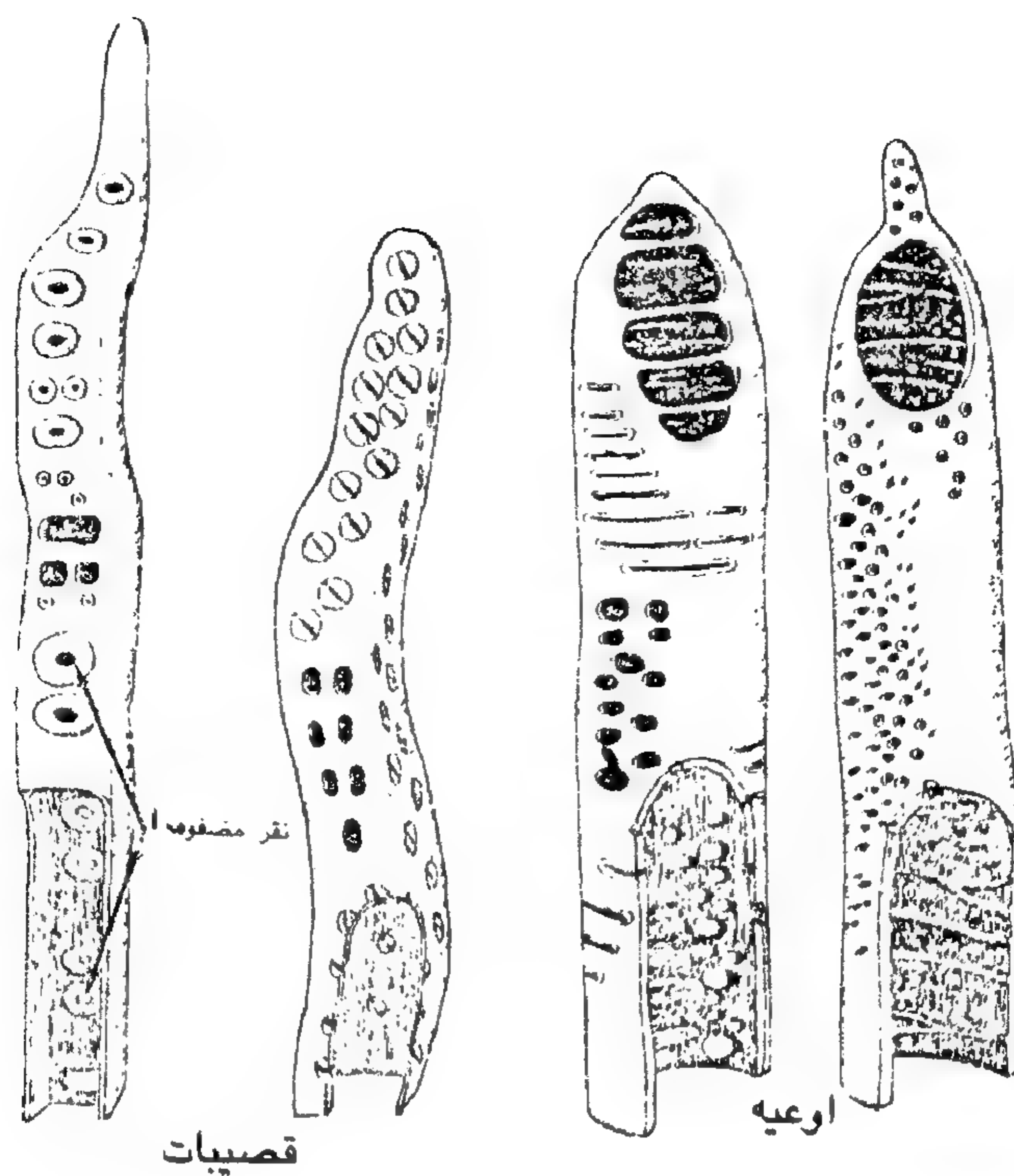
يبلغ طول القصيبه حوالى ١مم وان كانت فى بعض الاجناس تزيد عن ذلك فتصل الى اسم فى جنس Canna & mosa

ب - الاوعية

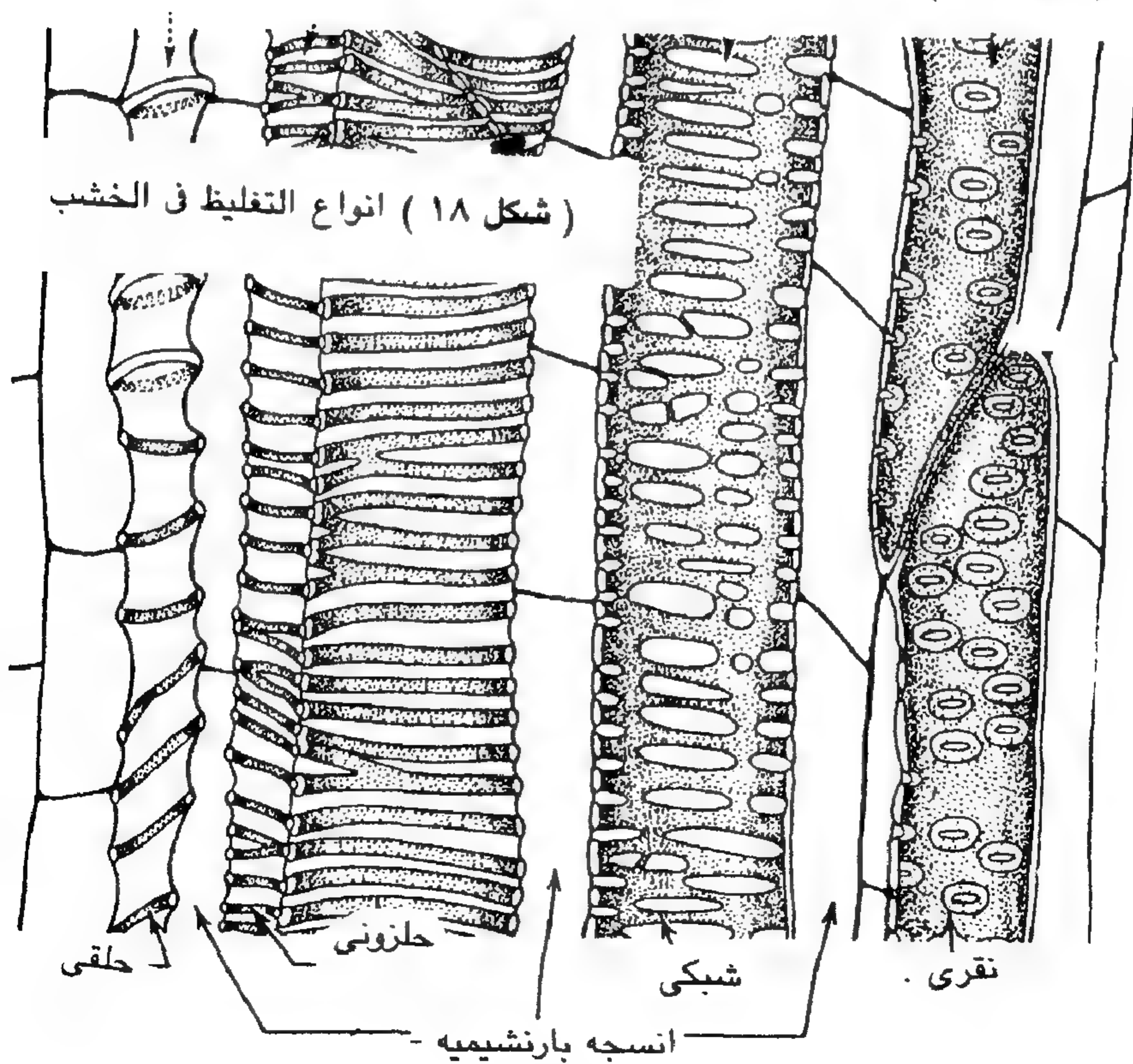
وهى تتكون من خلايا ميتة ذات جدر مغلظه تحتوى جدرها على نقر بسيطه او مضفوفه او نصف مضفوفه - تتصل الخلايا ببعضها طوليا حيث تتلاشى الجدر كليا او جزئيا فيسمح ذلك بأنتقال السوائل بحريه معظم الاوعية مثقبه فى منطقتين عند كل طرف وقد تحتوى بعض الاوعية على ثلاث أو اربع مناطق مثقبه وتعرف المنطقه التى يحدث فيها التثقيب بأسم صفيحه التثقب Perforation Plate وتوصف الصفيحه بانها بسيطه Simple Perforation اذا احتوت على ثقب واحد ، ومتضاعفه اذا احتوت على ثقبين او اكثر وتتجمع الثقوب المتضاعفه فى نظام سلمى Scalariform Perforation عندما تكون مستطيله ومتوازيه وفى نظام شبكى Reticulate Perforation اذا انتظمت الفتحات فى تركيب يشبه الشبكه . والطرز الشائعه هى البسيطه والسلميه وتحتوى العناصر الوعائيه الصغيره احيانا على نوع واحد من الثقوب فى احد طرفيها وعلى نوع اخر فى الطرف الثانى . والثقوب البسيطه تكون مستديره عادة ، ولكنها فى الاوعيه الضيقه تتدرج فى الشكل الى بيضيه ضيقه ويمكن القول عامه بان الجدر الطرفيه العرضيه بسيطه الثقوب ، اما المائله فسليمه الفتحات اما من حيث الطول فيختلف على حسب نوع النبات ونوع الخشب وموقع الوعاء فى العضو ومعدل النمو . فمثلا فى النباتات المتسلقه والاشجار ذات الخشب الحلقى المسام والعناصر البسيطه الثقوب قد تصل طول الوعاء الى عدة امتار وان كان غالبا يبلغ الطول من بضعه سنتيمترات الى ام تقريبا وتتدرج الاوعيه فى الاتساع واقصى اتساع يبلغ ١ ملليمتر تقريبا .

انواع الخشب الابتدائى :-

يمكن ملاحظه نوعين عند فحص الخشب الابتدائى من العناصر الناقله وتختلفان على حسب موعد ظهورهما فخلايا الخشب القادرة على الامتداد والتى تصل الى تمام النمو اولا قبل غيرها حيث تكون قد ظهرت اولا تعرف بأسم الخشب الاول Protoxylem حيث يظهر عند بدايه تكشف الانسجه الوعائيه وتتميز خلاياه بأنها نحيله نتيجة للامتداد الذى تتعرض له ، كما انها تختلف فى تركيب الجدار وهى تتعرض للضغط والشد نتيجة للزيادة فى التغلظ والزيادة فى الطول وتستجيب الخلايا الانشائيه المجاورة لهذه العوامل بتكوين خلايا جديده والزيادة فى الحجم اما خلايا



(شکل ١٧) عناصر الخشب الناقله



الخشب الاول فلا تستطيع ان تستجيب بنفس الدرجة حيث انه قد تم النضج ولكنها تتمدد الى حد ما والتقويه التى تتم فى هذه الخلايا يكون بحلقات او حلزون من جدر ثانويه ملجنه لا تمنع تماما من حدوث الشد وهذه الحلقات او الاربطه الحلزونية تساعد على حفظ الممرات التوصيليه مفتوحه اثناء الاستطاله .

اما الخشب الثانى Metaxylem فإنه يظهر بعد ذلك وتزداد فى خلاياه مساحه الاربطه من الجدر الثانويه وبذلك تزداد نسبه الجدار الثانوى بالتدريج وهذه الخلايا يكون التغليظ فيها شبيها بالسلم او قد تلتحم اربطه الجدار الثانوى بدرجة اكبر وبطريقه اقل انتظاما مكونه شبكه من التغلظ الثانوى وتسمى الخليه (خليه شبكيه) او قد تزداد مساحه الجدار الثانوى وتظهر المناطق الرقيقه اكثر دقه وتتكون (الخليه المنقره) وفى هذه الحالات لا تتمدد الخليه على الاطلاق وخاصه فى النوعين الاخيرين .

فراغات الخشب الاول Protoxylem lacuna

قد لا تستطيع خلايا الخشب الاول تحمل الاستطاله الزائده فتكون النتيجة ان تتمزق وينشأ عن ذلك فراغ قنوى الشكل يعرف بفراغ الخشب الاول وفى بعض الحالات تصل هذه المسافات البينييه فى حجمها الى حد كبير نتيجة لشد الخلايا البرنشيمييه المجاورة لها وعاده تحدث هذه الفراغات فى نباتات الفلقه الواحدة .

٢ - الالياف Fibres of xylem

سبق وقد شرحت الالياف فى الانسجه البسيطة ولا تختلف الياف الخشب عما سبق شرحه فهى ملجنه ، جدرها سميكه وعند مقارنتها بالقصيبات نجد انها اسمك فى الجدار وهى قليله فى النباتات التى تقوم فيها القصيبات بالتوصيل حيث انها تقوم ايضا بالتدعيم وتكثر الالياف فى النباتات المحتويه على الاوعيه ويوجد ثلاث انواع من الالياف الاولى الياف قصبيه Fiber tracheids وليبيريه Libriform Fibres والجلاتينييه Gelafinous Fibres ذات المظهر الجلاتينى حيث تقل بها نسبه الجلوتين ويكثر السليلوز .

وفى مقارنه بين الالياف القصبيه والليبيريه نجد الاولى اقل طولاً وسمكاً عن الثانيه كما ان النقر فى الاولى مضافوفه ذات قناه قمعيه مسطحه اما النقر فى الليبيريه فهى بسيطه تفتح فى اتجاه تجويف الخليه بشكل قمعى مسطح والالياف قد تنقسم الى خلايا عديده بوجود جدر عرضيه وتسمى Septate Fibers وتظهر فى النباتات ذات الفلقتين وقد تحتفظ بمحتوياتها الحيه لعدة سنوات وتقوم فى هذه الحاله بالتخزين كما يحدث فى نبات العنب .

٣ - برنشيمه الخشب Xylem Paranchyma

وهى خلايا برنشيميه تميل الى الاستطاله توجد فى نوعى الخشب الابتدائى والثانوى (الذى سيأتى ذكره) وهى خلايا حيه جدرها قد تتلجنن بها نقر بسيط أو مضافوفه أو نصف مضافوفه وفى هذه الحاله يصعب التميز بينها وبين القصيبات . تظل حيه ما دام الخشب نشط وعند موتها تتحول الى التدعيم كما تحتوى الخلايا على مواد مخزنه كالنشأ والمواد الكربوهيدراتيه بالاضافه الى التينينات - والراتنجات والبلورات .

ويؤدى تخزين وتحلل المواد النشويه الى المساعده فى سريان وتدفق العصارات حيث تتراكم النشويات عند نهايه فصل النمو أو النشاط ثم تتحلل عند بدايته فى الفصل التالى فيعمل ذلك على زيادة الضغط الاسموزى فى العناصر الناقله .

وتختلف اماكن تواجد برنشيمه الخشب فمنها ما يتناثر بين العناصر الخشبيه ومنها ما يتجمع حول الاوعيه ومجموعه اخرى ترافق عناصر الخشب التى تظهر فى اخر فصل النمو .

ثانيا : الخشب الثانوى

يكون الخشب الثانوى الجزء الاكبر عادة من النسيج الدعامى فى النباتات وله اهميه بالغه فى رفع النبات الى اعلى وحفظه قائما بالاضافه الى وظيفته التوصيليه . كما يقوم بتثبيت النبات فى الارض علاوة على ان خلاياه الحيه مكان لتخزين كميات كبيره من الغذاء .

تركيبه : -

يتكون الخشب الثانوى من كتله متماسكه من الخلايا الغليظه فى جدرها وتنتظم فى اتجاهين - الاول قائم وممتد على محور النبات .. وخلايا هذه المجموعه مستطيله متراكبه ومتماسكه ومكونه من العناصر الناقله والألياف مع صفوف طويله من الخلايا البرنشيميه ومجموعه اخرى من الخلايا تكون فى اتجاه عمودى على الاتجاه الاول تتكون من خلايا برنشيميه ممتده افقيا وتعرف بأسم اشعه الخشب وهذه الاشعه تنشأ من الكمبيوم ويعتمد طول الشعاع الواحد على الزمن المنقضى منذ نشأتها وسرعه نمو الانسجه الثانويه .

ويختلف تركيب الخشب فى النباتات المختلفه فيلاحظ فى عاريات البذور ان الخشب متناسق فى تركيبه يتضمن انواعا قليله من الخلايا وقد يقتصر على القصيبات

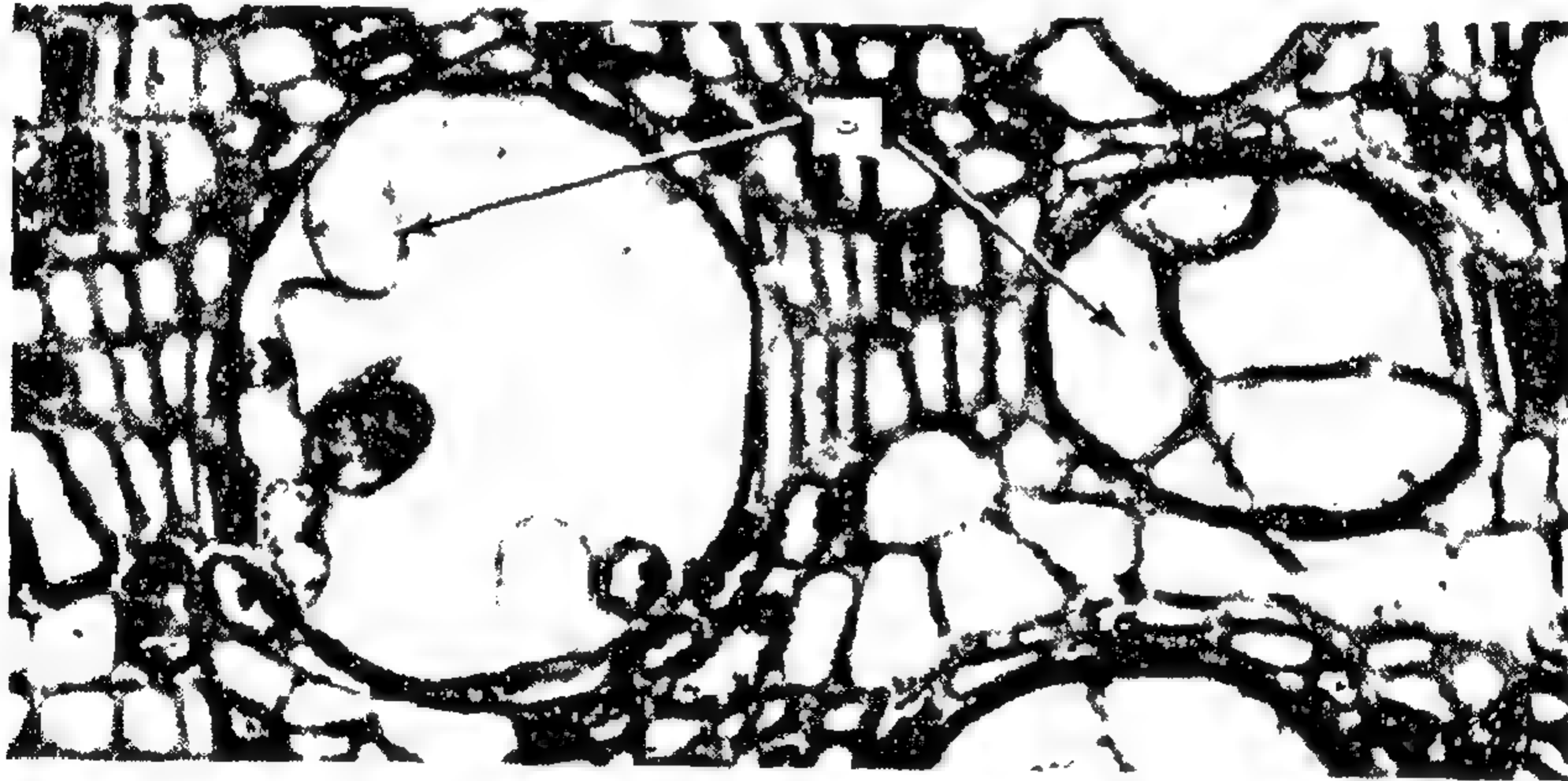
مع اشعه الخشب . اما في نباتات كاسيات البذور والتي تتميز بوجود الاوعية فإن الخشب يتضمن عددا من انواع الخلايا كالأوعية والقصبية والقصببات الليفيه والالياف ذات الانواع المختلفه وخلايا برانشيميه الخشب ... وقد توجد جميعا في نبات ويوجد بعضها في نبات آخر .

وقد تنشأ من البرانشيميه نموات داخل تجويف العناصر الناقله وتعمل على انسدادة تسمى " تيلوز " Tylosis وقد يتكون هذه تيلوزات Tyloses من عدة خلايا برنشيميه وقد تحدث هذه التراكيب في الخشب الابتدائي والثانوي ولكنها من الصفات البارزه للخشب الثانوي وخاصه مغطاه البذور عند التحول من مرحله الخشب الرخو الى الخشب الصميمي .

وقد ينشأ التيلوز في الاجزاء المحيطه بالجروح التي تصيب الاجزاء الخارجيه من الخشب عند سطح الجزع ، او في المناطق التي قطعت منها الفروع قد يتكون بعد قطع الاشجار وسقوطها على الارض وايضاً عند سقوط الاوراق كما انه قد ينشأ طبيعياً في النبات .

(شكل ١٩)

صور بالمجهر للتيلوزات



ت : تيلوزات ن = نواه الخليه البارنشيميه ب = الخليه البارنشيميه

ومن اسباب حدوثه اختلاف في ضغوط الخلايا على جانبى غشاء النقره او توقف سريان العصاره .

تكوين التيلوز :-

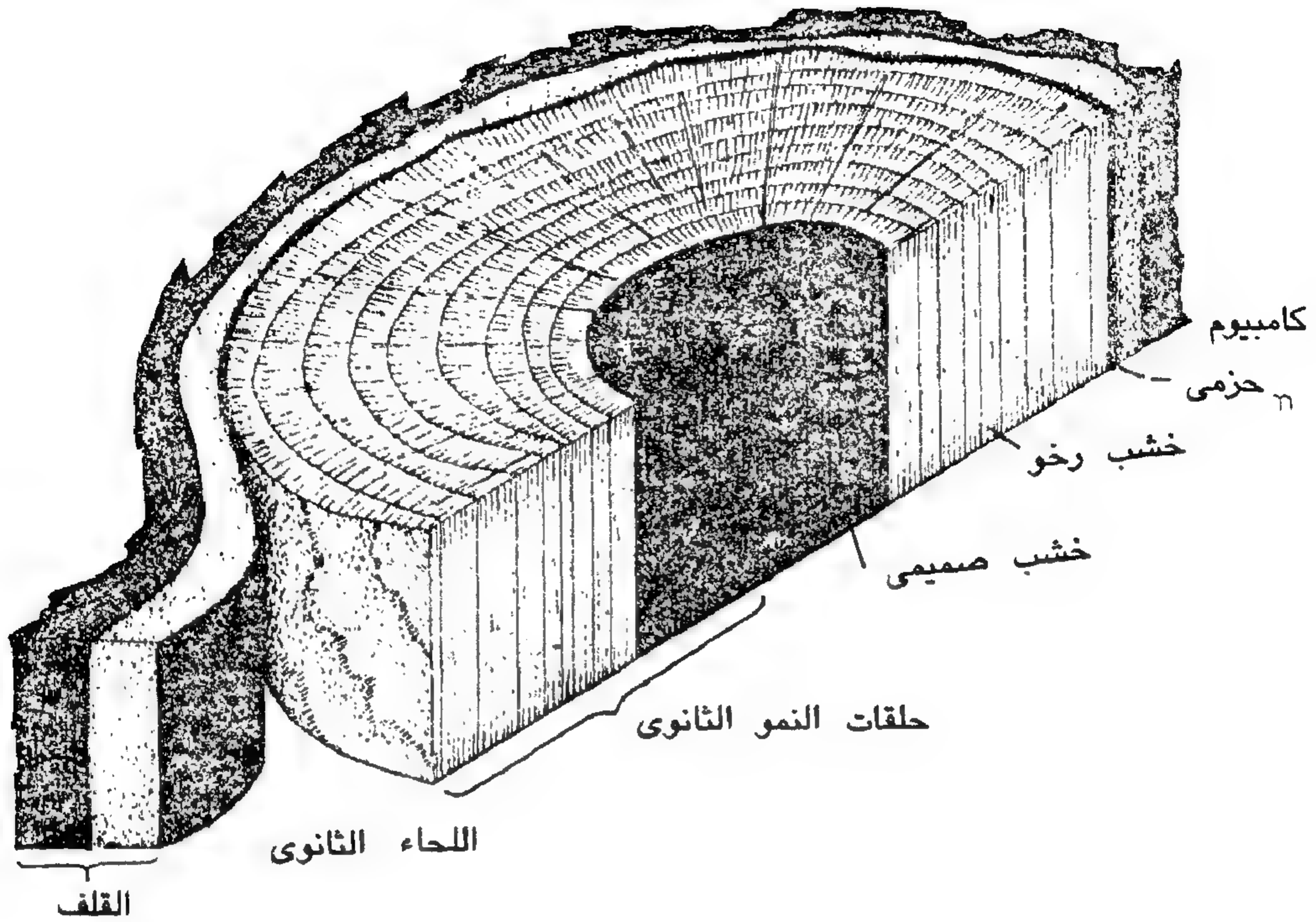
ينشأ التيلوز بتمدد الاغشيه فى النقر نصف المصفوفه التى تقع على جدران اوعيه الخشب او قصبياتها من ناحيه وبرانشيمه الخشب او خلايا اشعه الخشب من ناحيه اخرى وينمو هذا الغشاء مندفع إلى فراغ الخليه غير الحيه ثم ينتقل إلى هذا الانتفاخ جزء من السيتوبلازم وربما النواه . ويكون التيلوز صغيراً او يكبر فى الحجم وقد يتجمد او يتهدل فى الخشب الصمى . وإذا وجد عدد من التيلوزات فقد تتصل ببعضها من خلال النقر .

فوائده

يساعد وجود التيلوز على الحمايه من الفطريات بمنع دخول خيوطها كما يمنع دخول او يقلل من سريان دخول الماء والهواء الى الاوعيه واذا وجد التيلوز فى نوع ما من الاخشاب صلح هذا النوع لحفظ السوائل حيث الاوعيه تصبح مصمته (كالبوط الابيض بعكس البوط الاحمر) .

الخشب المبكر والخشب المتأخر Early wood and late wood

ان الانسجه التى تتكون فى الفتره الاولى من موسم النمو تسمى خشب مبكر او الخشب الربيعى ويحتوى هذا النوع على خلايا واسعه وقله فى الألياف . اما الخشب النامى فى فتره متأخره فيسمى الخشب المتأخر او الصيفى . ويكون النوعان ما يعرف بأسم حلقه سنويه ضيقه داخلية هى الخشب المبكر وطبقه خارجيه هى الخشب المتأخر ولا يوجد خط يفصل الجزئين لانهما متصلان ولكن الخط واضح بين الخشب المتأخر لسنه ما والخشب المبكر للسنة التاليه وهو الخط الذى يحدد الحلقات السنويه او حلقات النمو Annual or Growth Rings وتمثل كل حلقه الزيادة الموسمي الحادته فى سنه واحده . وتظهر كحلقات متتابعه فى القطاع العرضى . ويختلف عرض حلقه النمو اذ يعتمد على سرعه نمو الاشجار كما يتأثر النمو بعوامل عديدة . ففى المواسم الملائحه تتكون الحلقات عريضه والعكس فى المواسم الغير مناسبه للنمو . كما ان سقوط الاوراق اثناء موسم النمو او حدوث تغير مفاجىء فى ظروف النمو كالتقليم الشديد او التسميد او عدم انتظام الري او زيادة الضوء بقطع الاشجار المجاوره مثلا .. كلها ظروف تؤثر على حلقات النمو التى تمثل سجلا لتاريخ حياه الشجره والعوامل المؤثرة عليها .



ومثل هذه التغيرات السابق ذكرها لا تكون هي الاصل ولكنها ظروف غير عادية وعلى ذلك فإن الحلقات المتكونه تسمى بالحلقات الكاذبه False Annual Ring

الخشب الرخو والخشب الصميبي (Alburnum) Heart Wood and Sap Wood

يستمر الخشب في تأديه وظيفته في التوصيل طالما ان عناصره تحتوى على خلايا حيه .. ثم يتوقف عن التوصيل ويتحول الى الوظيفه الثانيه فقط الا وهى التدعيم وذلك عند توقف النشاط الحيوى وعليه فقد قسم الخشب الى نوعان الاول وهو القائم بالتوصيل مع التدعيم وتخزين الغذاء وسمى الخشب الرخو Sap Wood (Alburnum) اما النوع الثانى القائم بالتدعيم فقط فيسمى الخشب الصميبي Heart Wood ويمكن اجمال التغيرات الحادته عن التحول من الرخو الى الصميبي فى الآتى :-

- ١ - تفقد الخلايا مادتها الحيه ويذهب عصيرها الخلوى .
- ٢ - تفقد الجدران كثيرا من مائها .
- ٣ - تنتقل المواد الغذائيه المخزنه فى الخلايا الحيه الى اجزاء اخرى من الخشب الرخو النشط .

- ٤ - يتكون التيلوز في انواع الخشب ذات التيلوز .
- ٥ - الخلايا البرانشيميه ذات التلجنن الجزئى يزداد تلجنن جدرها .
- ٦ - يتكون في الخلايا او تسرى اليها مواد كيميائيه جديده كالزيوت والاصماغ والراتنج والمركبات الثانويه ، ومختلف المواد الملونه والعطريه .
- ٧ - تثبيت اغشيه النقر في اوضاع تعلق بها النقر اى ان النشاط الوظيفى يتوقف ويصبح الخشب عمودا دعاميا مصمتا والخشب الصمىمى في بعض الاشجار يبقى مبتلا Wet heart Wood اى مشبعا بالماء او يكون جافا ويتميز الخشب الصمىمى بعد حدوث هذه التغيرات بقدرته على البقاء والاحتمال وقله المواد الغذائيه المخزنه وتكون التيلوز وبالتالي قله الاصابه بالفطريات والبكتريا وكذلك قله نفاذيته للماء مع وجود الوان مناسبه ورائحه مرغوبه وعليه فإن اهميته الاقتصاديه اعظم من الخشب الرخو الذى يدخل في بعض الصناعات الخاصه وكذلك قابليته للتلوين .

٢ - اللحاء Phloem

ان الوظيفه الرئيسيه للحاء وهى توصيل المواد الغذائيه المجهزه بروتنيه كانت او كربوهيدراتيه وان زياده الكفاءه في التراكيب لتأديه وظيفته تنتج من ترتيب الخلايا في صفوف طويله بطريقه مماثله .. ووحداته تسمى الانبويه الغرباليه وتختلف مكونات اللحاء باختلاف النباتات ان كانت من كاسيات البذور او معرااتها ..

ففى كاسيات البذور يتكون اللحاء من :-

١ - انابيب غرباليه Sieve tube

٢ - خلايا مرافقه .

٣ - اسكرنشيميه لحاء .

٤ - برنشيمه لحاء .

اما معراه البذور تتكون من :

أ - خلايا غرباليه Sieve Cells .

ب - الياف .

ج - برنشيمه لحاء .

وكلا من الانابيب الغرباليه والخلايا المرافقه يطلق عليها العناصر الغرباليه Sieve elements ويلاحظ عدم احتواء اللحاء في معراه البذور على خلايا مرافقه .

ولتسهيل الدراسة سنتولى وصف كل على حدة : -

١ - العناصر الغربالية Sieve elements .

العناصر الغربالية كما سبق القول اما ان تكون انابيب فى مغطاه البذور أو خلايا فى معراه البذور .. وكلاهما يتكون من خلايا حيه وتتماثل فى التركيب الاساسى والوظيفه ويختلفان فى ان الخلايا الغربالية ليست مرتبه فى صفوف كالانابيب الغربالية وان كان كلاهما عبارة عن خلايا مستطيله حيث جدرها سليولوزيه رقيقه ذات جدر ابتدائيه تتكون اساسا من السليولوز وتحتوى على نسبه عاليه من الماء واذا تكون جدار ثانوى لا يتلجنن . يحتوى البروتوبلاست على فجوه مركزيه كبيره وعلى طبقه محيطيه رقيقه من السيتوبلازم وتختفى النواه عندما تصل الخليه الى اكتمال النضج ويوجد بالسيتوبلازم بلاستيديات عديمه اللون تقوم فى بعض النباتات بتجميع النشا او مواد مماثله كما تحتوى الفجوه فى بعض ذوات الفلقتين على مواد مخاطيه ذات طبيعه بروتينيه تنشأ كأجسام تسمى Slime bodies او تسمى الاجسام البروتينيه P- Protien bodies تعمل هذه الاجسام او نواتجها بعد التجزئه على منع المرور السريع للمواد الاغذائيه المجهزه فى الاوراق ووصولها بسرعة الى الجذور دون الاستفادة منها فى باقى اجزاء النبات مما يؤدى الى نقص غذائى ويساعد فى هذه العمليه ما يعرف بالكالوس الذى سيأتى شرحه بعد قليل .

اما اسباب حدوث هذا الانسداد فانه يرجع الى حدوث خلل فى الضغط المائى داخل خلايا الانابيب الغرباليه مما يؤدى الى سرعه مرور الغذاء المجهز الى اسفل .

اما عن تكوين الاجسام البروتينيه فانها تتكون اثناء تكوين خلايا الانابيب الغرباليه وهى مختلفه الاشكال ولكن الشكل الانبوبي هو الاكثر شيوعا وعند تمام تكوين هذه الاجسام داخل الخليه تحدث تغيرات منها اختفاء النواه وتحلل الغشاء البلازمى الفجوى وتختلف مكونات الفجوه العصاريه بالسيتوبلازم مما يؤدى الى زيادة تمیوء السيتوبلازم كما يتغير شكل الشبكه الاندوبلازميه ثم يتبع ذلك تفتت الاجسام البروتينيه الى اجزاء صغيره وتتوزع فى السيتوبلازم .

المساحات او الصفائح الغرباليه :

المساحات الغرباليه هى مساحات فى الجدر العرضيه او الجانبيه للانابيب الغرباليه توجد بها مناطق مثقبه ويطلق عليها المساحات الغرباليه او المسطحات الغرباليه Sieve areas ويسمى الجدار المثقب نفسه صحيفه غرباليه Sieve Plate تمر من خلال هذه الثقوب خيوط سيتوبلازميه تصل بين بروتوبلاست الوحدات الغرباليه

بعضها ببعض ويطلق عليها Cytoplasmic Strands وإذا احتوى المسطح الغربالي على صفيحة غربالية واحدة كانت صفيحة غربالية بسيطة Simple أما إذا احتوى الجدار المائل بدرجة كبيرة على عدة مسطحات غربالية أطلق عليه صفيحة غربالية مركبة Compound Sieve Plate وتشاهد في ساق نباتى العنب والدخان .

كالوس اللحاء Calluse

يتكون كالوس اللحاء من مواد كربوهيدراتية تعطى جلوكون عند تحليلها تسمى كالوز Callose وتوجد هذه المادة حول الخيوط السيتوبلازمية التى تمر من خلال الثقوب وبزيادة عمر الوحدة الغربالية يزداد ترسيب الكالوس حول الخيوط .. وقد يؤدي ذلك الى تغطيه الصفائح الغربالية وانسداد الثقوب واختفاء الخيوط . وفى الربيع حيث يعاود اللحاء نشاطه تذوب اجزاء ماده الكالوس فتفتح الثقوب وتتكون الخيوط السيتوبلازمية من جديد .

٢ - الخلايا المرافقه

هى خليه برنشيميه من طراز متخصص وثيقه الصله من حيث المنشأ والموضع والوظيفه بعناصر الانبويه الغربالية وتوجد فى كاسيات البذور فقط وهى تصاحب معظم عناصر الانابيب الغربالية وقد يفتقر اللحاء الاول احيانا الى الخلايا المرافقه - كما انها قد تكون نادرة الوجود فى اللحاء الابتدائى والثانوى المبكر .

تحتوى الخلايا المرافقه على قدر كبير من السيتوبلازم الحبيبي ، نواه ظاهره تبقى طول حياه الخليه وهى لا تحتوى على نشا فى اى وقت من الاوقات وتعيش طالما الانبويه الغرباليه حيه وتبدو فى القطاع العرضى مثلثه الشكل او مستديره او قائمه الزوايا تتكون الخلايا المرافقه بالانقسام الطولى للخليه الاميه لوحده الانبويه الغرباليه وذلك قبل ان يبدأ تخصص هذه الخليه . وقد تتحول احدى الخليتين الحديثتين الى خليه مرافقه وتصبح الاخرى وحده انبوب غربالى وقد تنقسم الخليه المرافقه مرات اخرى تكون مزيدا من الخلايا المرافقه .

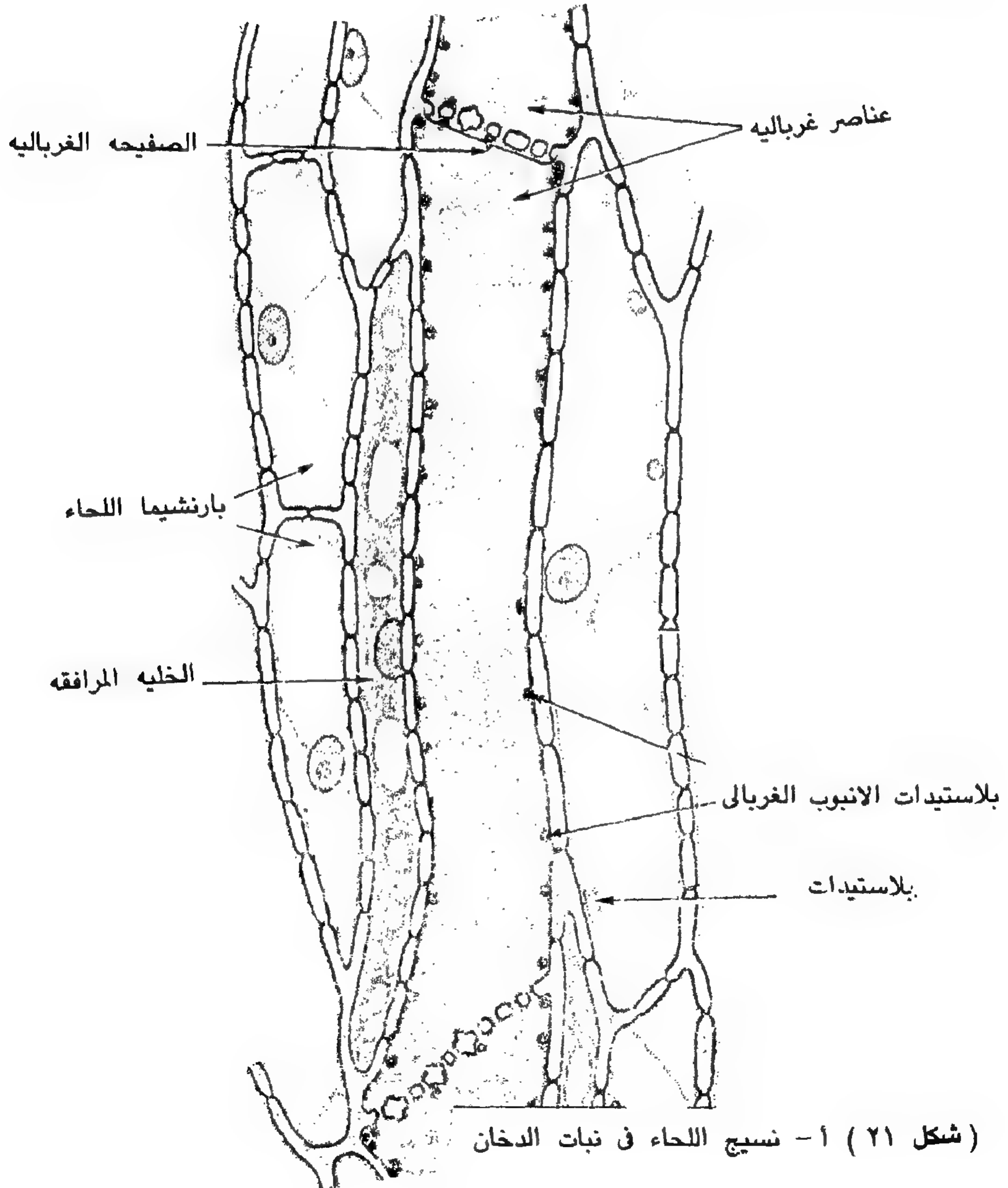
٣ - برنشيمه اللحاء

تقوم هذه الخلايا بأختزان المواد النشويه والدهنيه وبعض المواد مثل التانين والراتنج وهى ذات اشكال مختلفه مستطيله او عديده الاسطح او اسطوانيه . جذرها سليولوزية رقيقه تحتوى على كثير من الحقول النكريه وتوجد خلايا برانشيميه اما فى نظام طولى كما فى الخشب الثانوى وتعرف بأسم برانشيمه اللحاء او توجد فى وضع

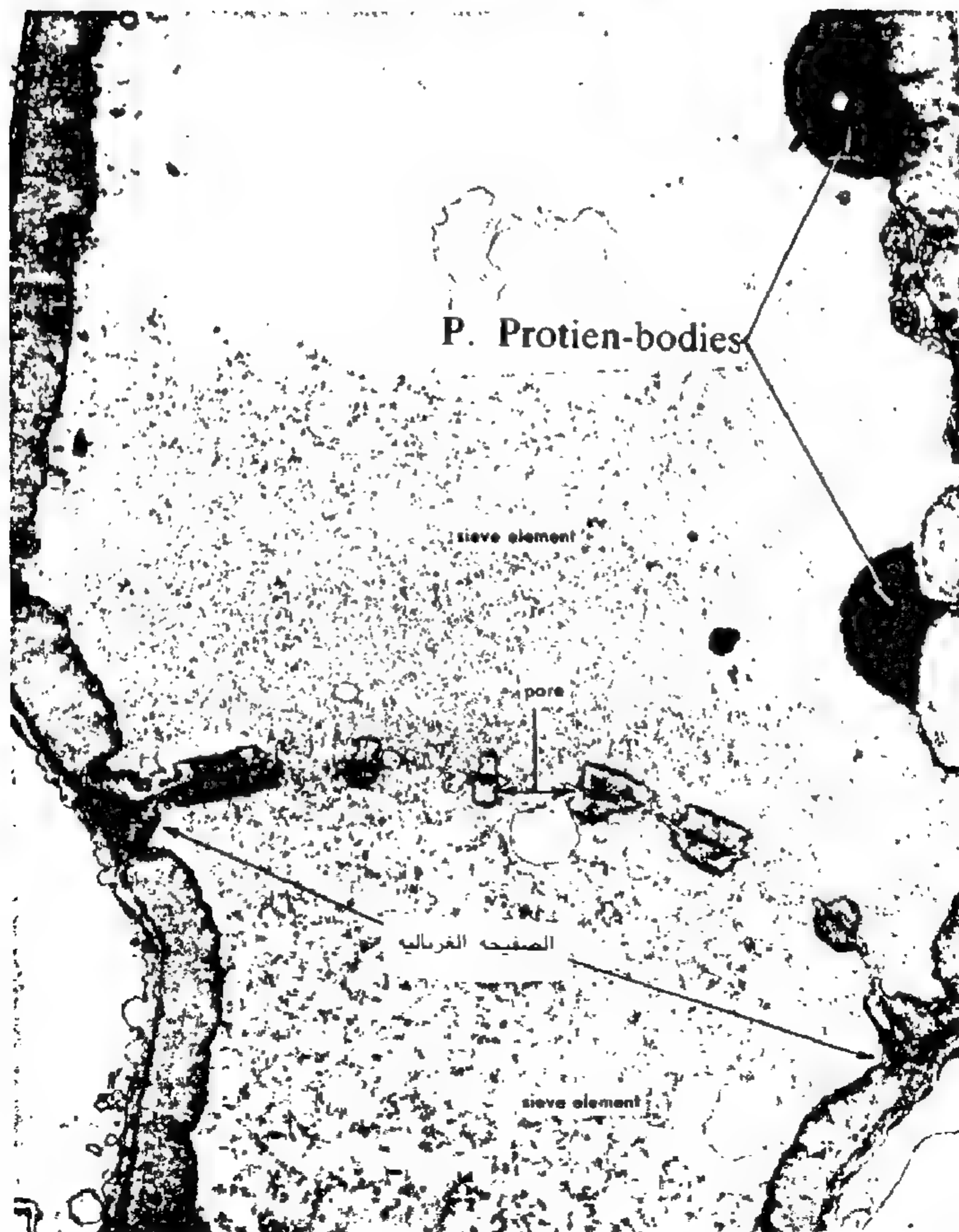
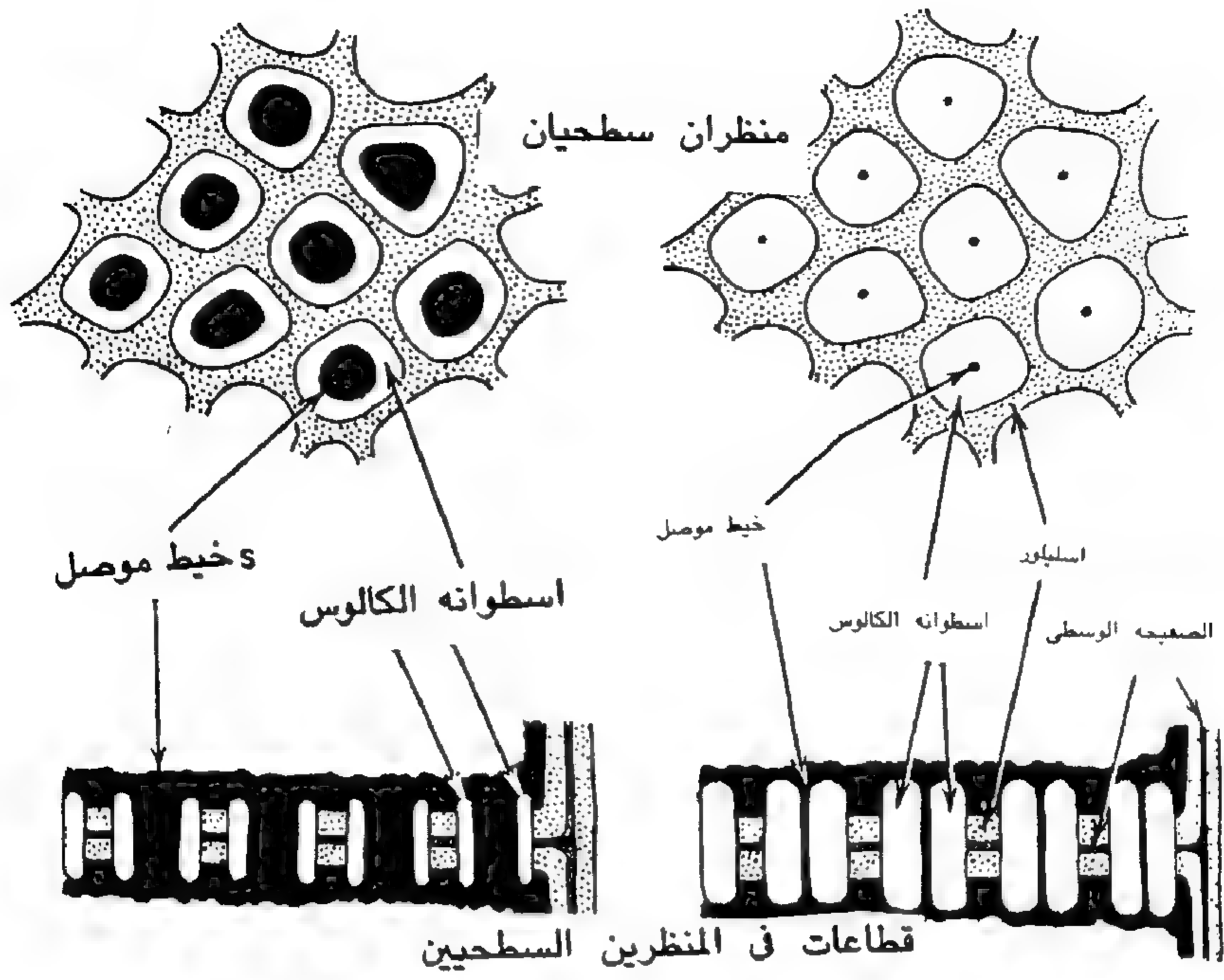
قطري فتسمى خلايا اشعه اللحاء قد يخلو اللحاء من البرانشيم كما في نباتات الفلقه الواحده ولكنها قد توجد في المحيط الخارجى .

٤ - اليف اللحاء

سبق وصفها عند دراسه الألياف وهى توجد فى لحاء كثير من النباتات البذريه وفى ذوات الفلقتين لا توجد فى اللحاء الثانى ولكنها توجد فى اللحاء الاول والثانى وفى ذوات الفلقه الواحده تكون الألياف غلافاً حول الحزم .



(شكل ٢١) ١ - نسيج اللحاء فى نبات الدخان



ب - تركيب المسطح الغربالي في الانبويه الغرباليه

الحزم الوعائية Vascular Bundles

تننظم الانسجة الوعائية من خشب ولحاء في تراكيب خاصه تعرف باسم الحزم الوعائية وتعرف الحزمه الوعائيه بانها عبارة عن جزء شريطى من الجهاز الوعائى .
ويختلف وضع كل من الخشب واللحاء بالنسبة لبعضهما وعلى ذلك توجد الانواع التاليه من الحزم .

١ - الحزم الجانبية Collateral bundles

وفيهما يوجد الخشب واللحاء متجاوران ويكون اللحاء على الجانب الخارجى للخشب فى السوق وناحية السطح السفلى فى الاوراق .

٢ - الحزم ذات الجانبين Bicollateral bundles

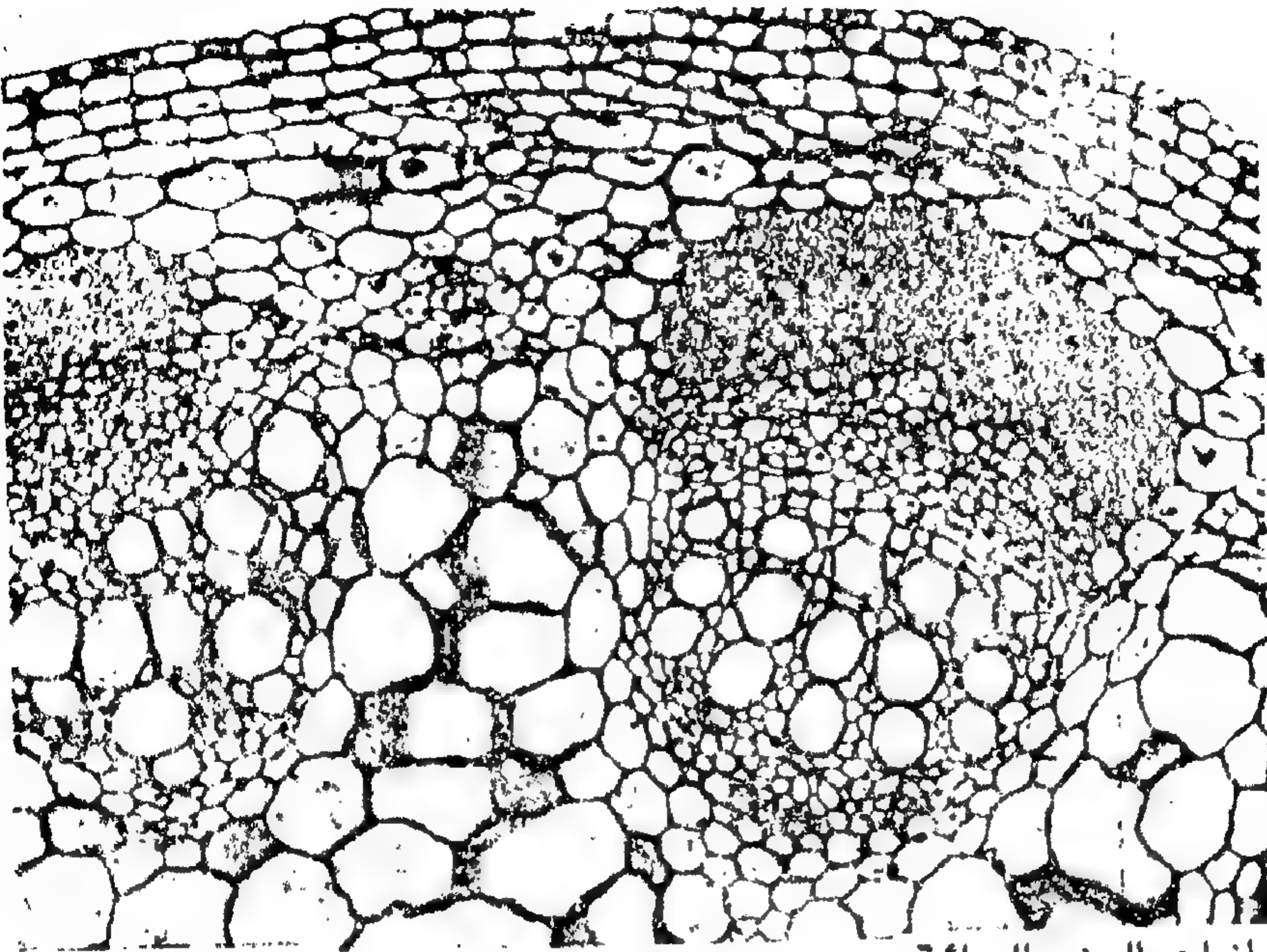
قد يوجد الخشب بين لحائين احدهما خارجى والاخر جهة الداخل كما فى العائله القرعيه وغيرها وبذلك تترتب الانسجه فى الحزمة من الخارج الى الداخل كالآتى :
لحاء خارجى - كامبيوم - خشب ثانى - خشب اول - ثم لحاء داخلى .

٣ - الحزم المركزيه Concentric bundles

وتسمى مركزيه اذا شغل احد مكوناتها مركز الآخر الذى يحيط به فنجد حزمه مركزيه الخشب وفيها يوجد الخشب فى مركز اللحاء كما فى بعض النباتات السرخسيه .
وحزم اخرى مركزيه اللحاء وفيها يتوسط اللحاء مركز الخشب كما فى نبات الدراسينا .

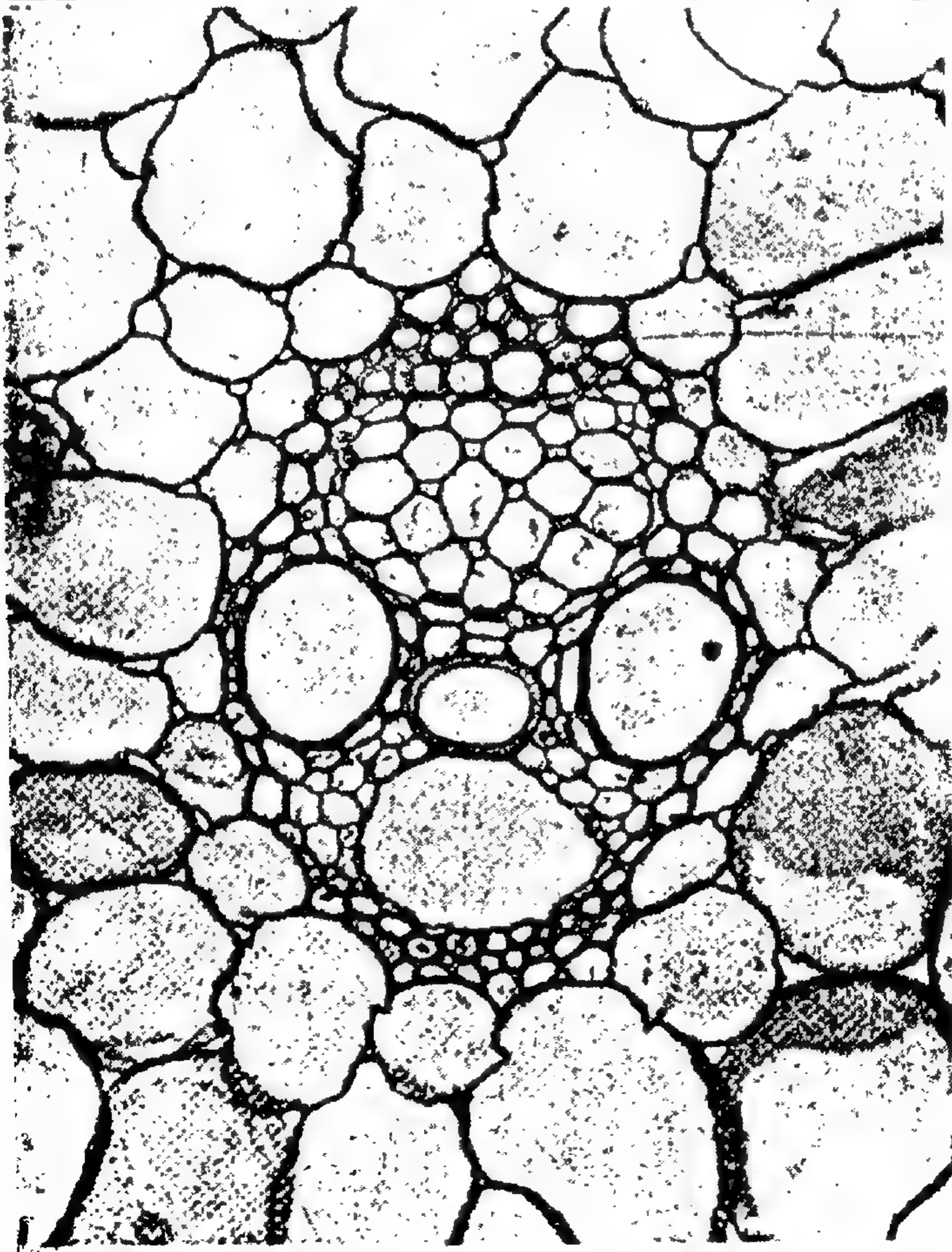
٤ - الحزم القطريه Radial bundles

توجد فى الجذور ، وفيها يترتب الخشب واللحاء قطريا فى مجاميع متبادله كل منها على نصف قطر مستقل عن الآخر ويتساوى عدد اذرع الخشب مع عدد مجاميع اللحاء المتبادله معها .
وفى النباتات ذوات الفلقتين يكون عدد اذرع الخشب من ٢ : ٦ بينما فى ذوات الفلقه الواحده فهى عديده تصل الى عشرين او أكثر .

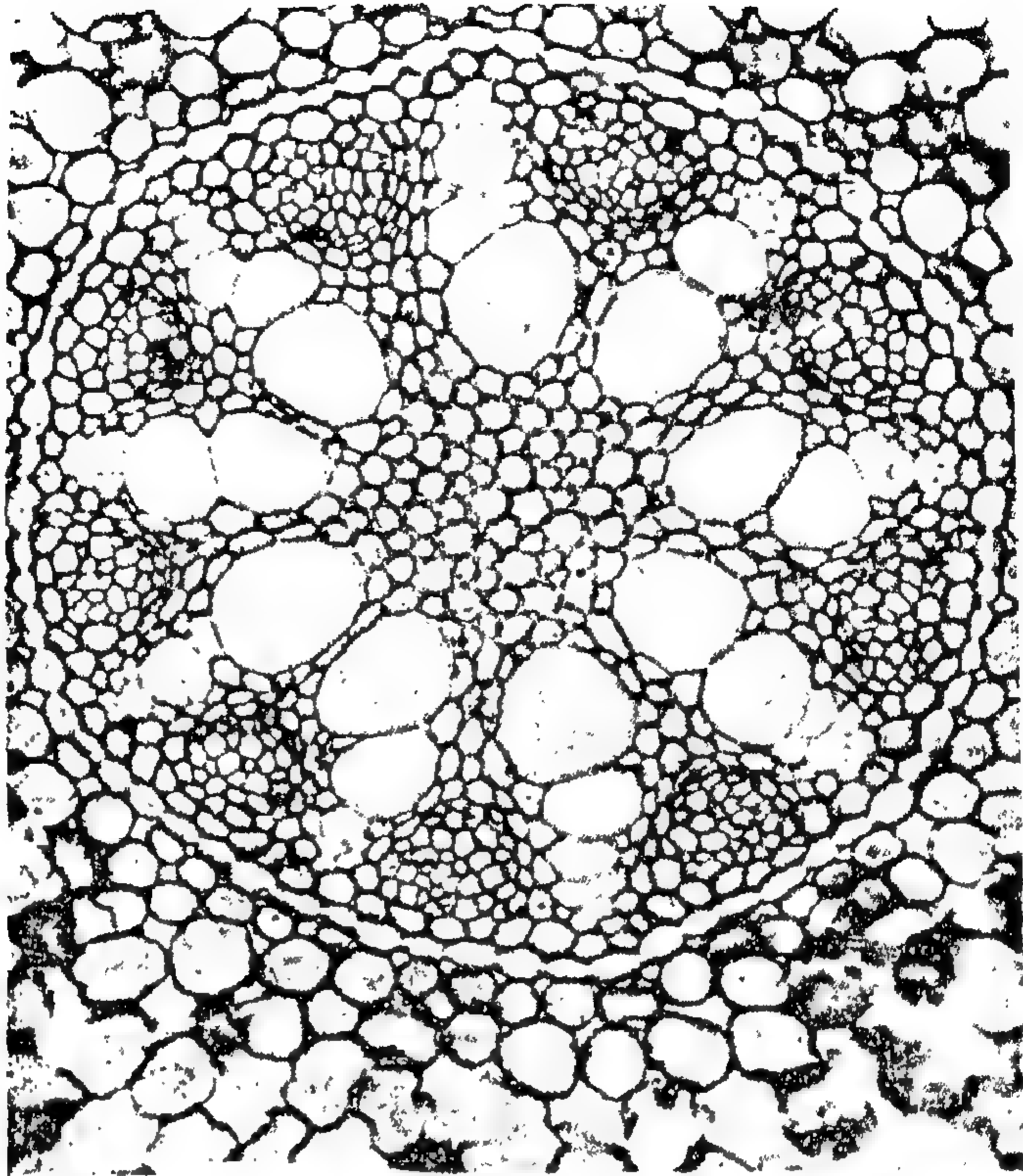


جانبية مفتوحة

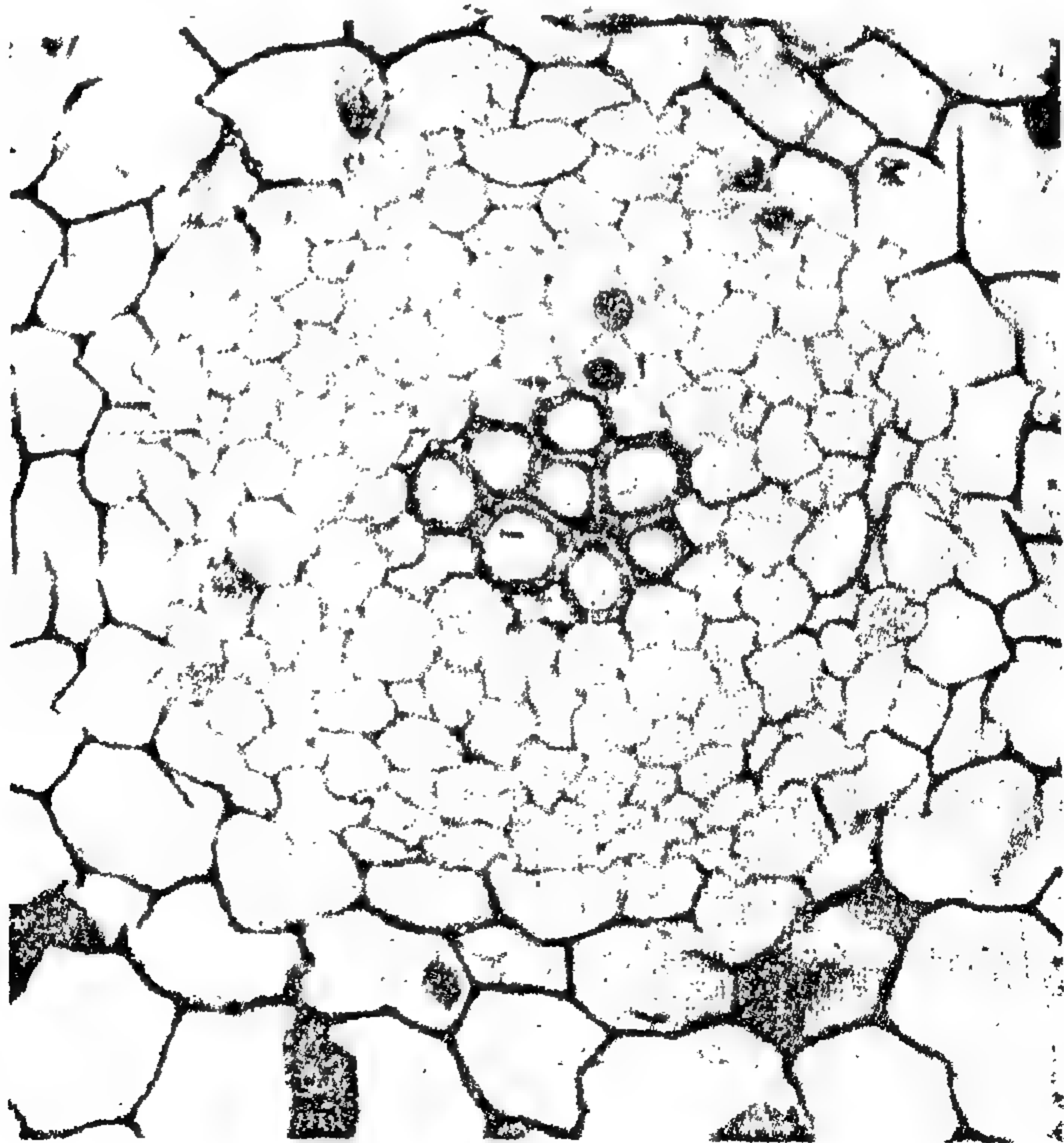
(شكل ٢٢) انواع الحزم الوعائية



جانبية مغلقة



قطريه في جذر



مركزيه الخشب

الاجهزة النسيجية Tissue Systems

كل انسجة النبات التى تؤدى وظيفه واحده عامة ، بغض النظر عن موضعها واتصالها داخل الجسم ، تكون فى مجموعها جهازا نسيجيا ويعتبر جميع الانسجه فى اجهزه نسيجية من الوجهه الشكليہ ملائما فى بعض الاحيان . ولا بد ان يكون الجهاز النسيجى من الناحية الشكليہ مركب من خلايا ممتده بلا انقطاع داخل جسم النبات كله ، او خلال جزء منه .

والبشره والجهاز الوعائى جهازان نسيجيان على درجه من التناسق والتواصل فى التركيب وعلى درجه من المثابره فى تأديه الوظيفه ، بحيث يكونان فى جسم النبات صورا تركيبه ضخمه وهامه - والجهاز الوعائى ستتعرف عليه من خلال دراسه الانسجه المركبه اما البشره والبيريدرم فإن النبات الراقى فى حاجه اليهما لحمايه انسجته الداخليه وخاصة الاجزاء التى تتعرض للرياح والامطار والعوامل الجويه والحيويه ويتكون هذا الجهاز الذى يطلق عليه بالجهاز الضام من الطبقة أو الطبقات الخارجيه التى تحيط بالنبات فنجد البشره حول السوق والجذور الحديثه والاوراق . والبيريدرم والقلف حول السوق والجذور المسنه .

(١) البشره Epidermis

وهى طبقة أو اكثر من الخلايا السطحيه التى تحيط بالسوق والاوراق والجذور الحديثه والازهار والثمار والبذور ومن وظائفها حماية الانسجه الداخليه . تنظيم فقد الماء عن طريق الثغور وخلاياها ، قد تشارك فى عمليات البناء الضوئى فى بعض النباتات المائيه المغموره ونباتات الظل . وقد تشترك فى تخزين الماء وخاصة فى النباتات الصحراوية . وفى الجذور الحديثه فوظيفه البشره امتصاص الماء والاملاح الذائبه فيها ويعتبر الجدار الخارجى لخليه البشره اهم اجزائها من الناحية الفسيولوجية اذ يتكون عادة من ثلاث مناطق مميزه ، الداخليه منها والمجاورة لتجويف الخلية تتكون اساسا من السليلوز يليها طبقة اخرى تحتوى على نسب مختلفه من الكيوتين والطبقة الاخيره تحتوى على نسبة كبيره من الكيوتين وتسمى الاديم Cuticle وفى الجدر السميكة كما فى اوراق الصبار توجد الثلاث انواع .

وفى بشرة البصل تظهر الطبقات السليولوزيه سميكة نوعا لعدم وجود الطبقة الوسطى المحتويه على نسبة قليله من الكيوتين .

وقد يوجد على السطح الخارجى خلايا مغطاه بمواد شمعيه بالاضافه الى الادمه وهذه تساعد على تقليل أو منع التبخير وتنعم الببل للاسطح الخارجيه كما فى ثمار العنب والبرقوق والموز وكثير من اوراق الصبار وغير ذلك .

ويوجد على بشره معظم النباتات زوائد مختلفه الاشكال فتتكون من خليه واحده او عدة خلايا نضرب امثله منها :

(١) من خليه واحده على شكل حلمه فى البشره العليا لبتلات البنفسج والبانسيه والجارونيا وهى تعطى الملمس القطيفى .

(٢) من خليه واحده مفرده كما فى الجارونيا . او متجمعه فى البلوط .

(٣) شعيره بسيطه متفرعه فى المنتور .

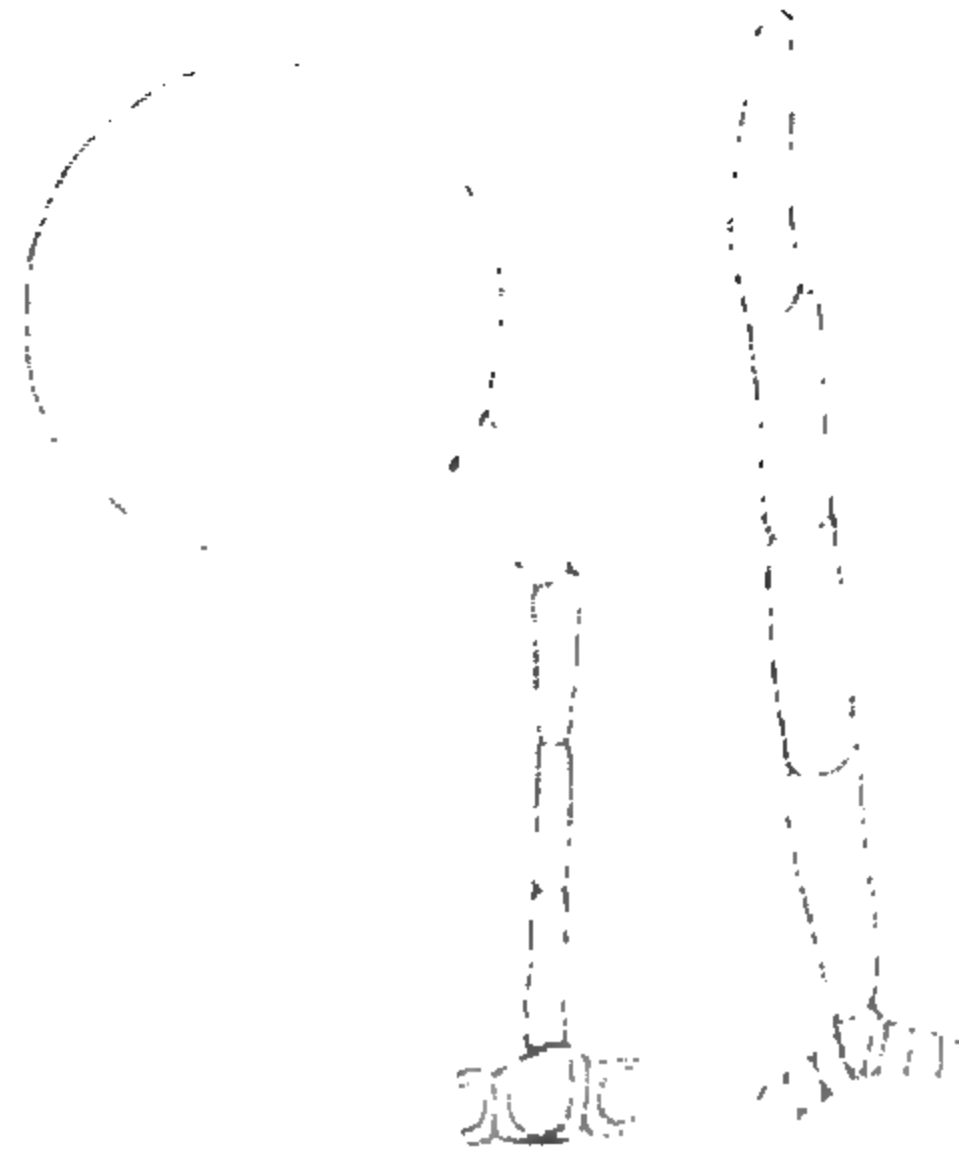
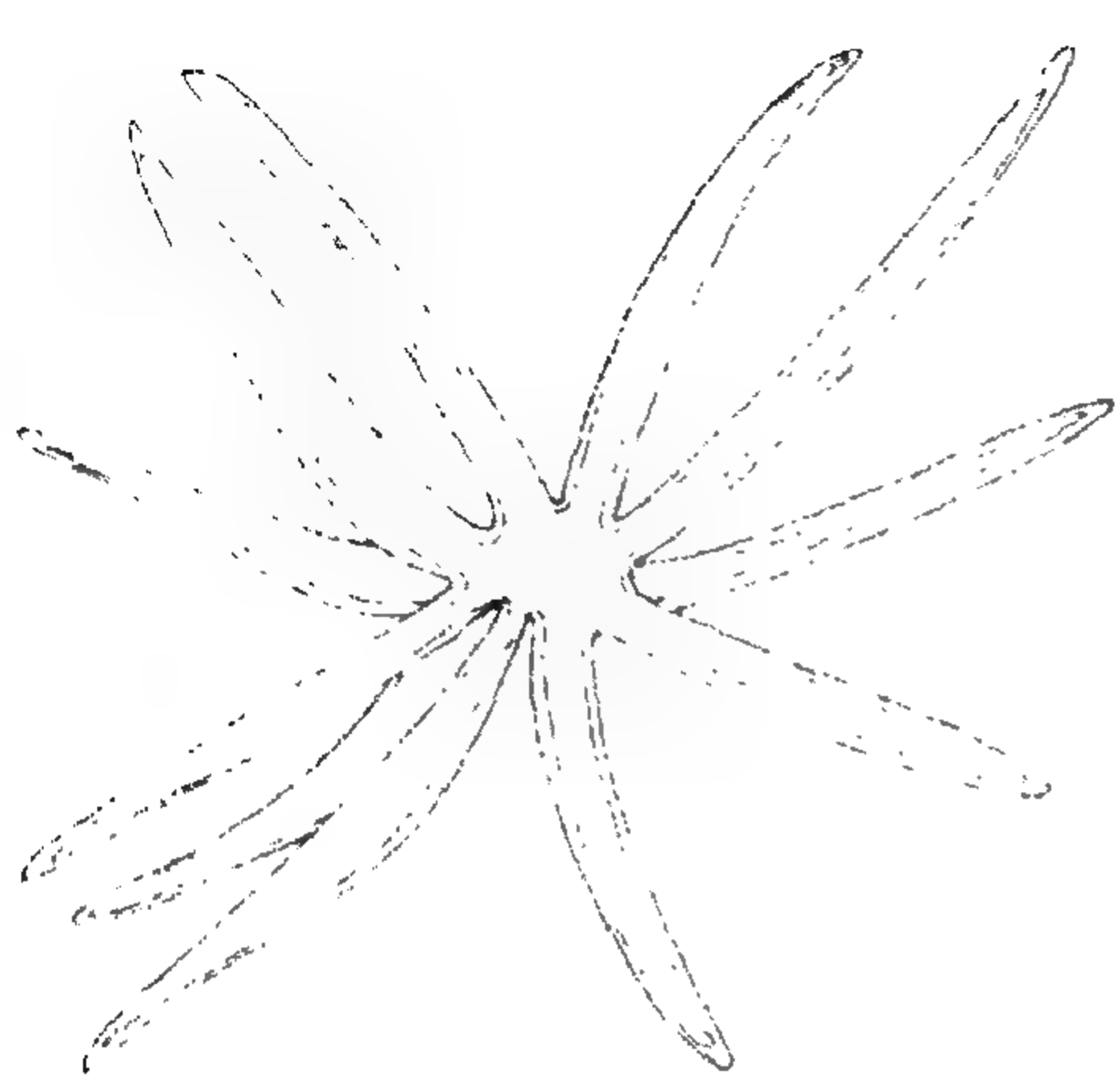
(٤) شعيره وحيده الخليه تحمل على قاعده عديده الخلايا وهذه تشاهد فى الشعيره اللاسعه لنبات الحريق *Urtica* وهى تستدق تدريجيا حتى يصبح طرفها مدببا ينتهى بمثانه سهله الكسر . تحتوى جزء العلوى من جدار الشعيره على ماده السيليكا اما الجزء السفلى فهو كلسى . وتوجد بالشعيره فجوه عصارية تحتوى على سائل لاسع ، تنكسر المثانه العلويه عند الاحتكاك ويصبح طرف الشعيره مدببا حادا يخترق جسم الحيوان .

(٥) قد تأخذ الشعيرات شكل الحراشيف وتكون متصله بالقشره السفلى للاوراق وتغطى بعضها بعضا كما فى نصل اوراق الزيتون .

(٦) النتوءات وقد تكون نتوءات غديه كالموجوده فى البانسيه او نتوءات شوكيه كالتى توجد اسفل الاشواك الكبيره الموجوده فى التين الشوكى .

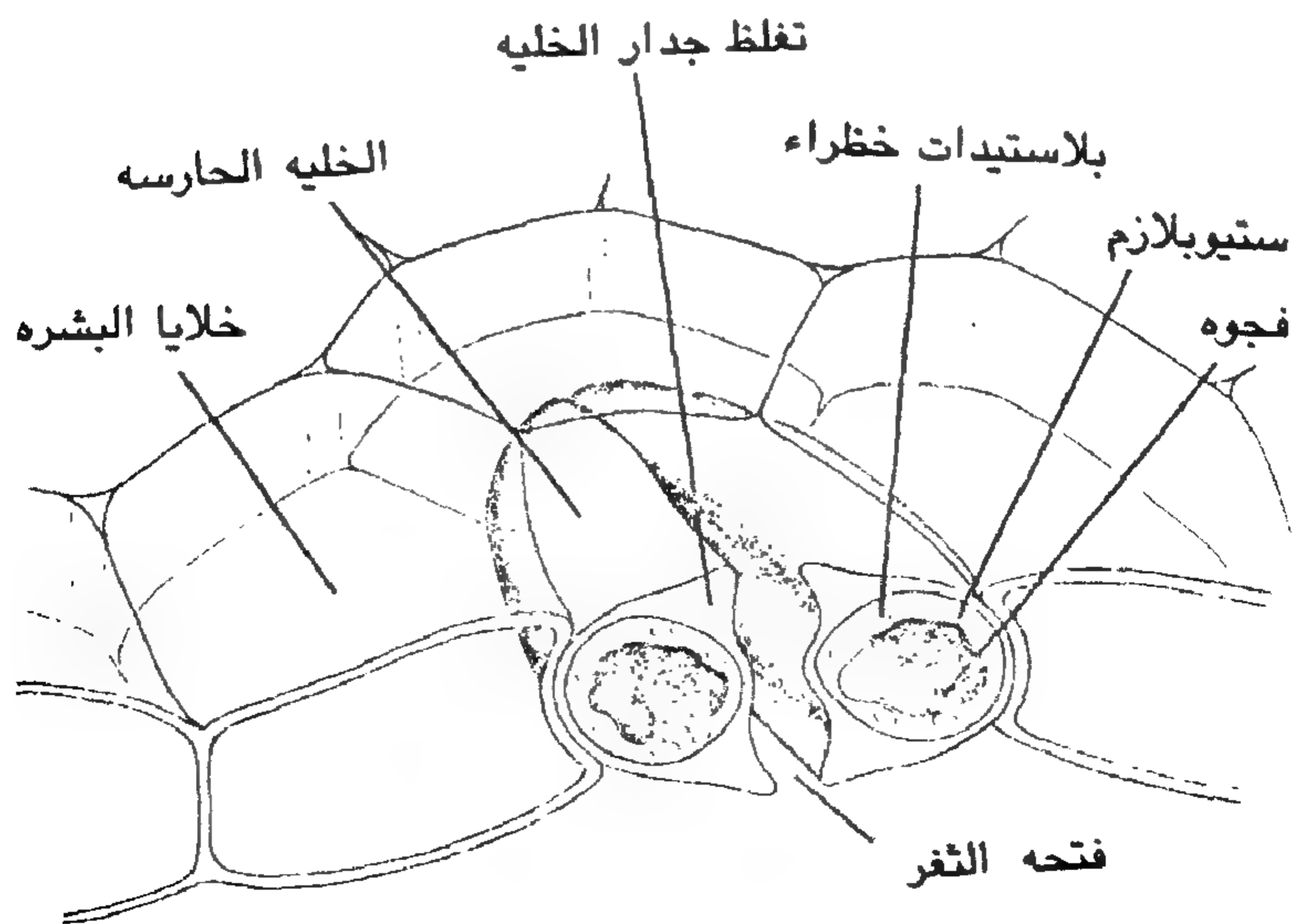
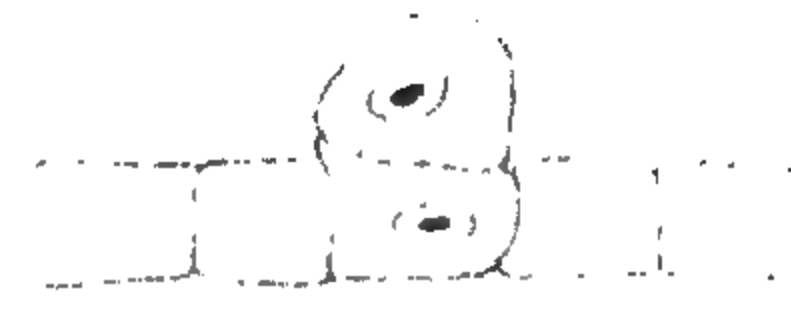
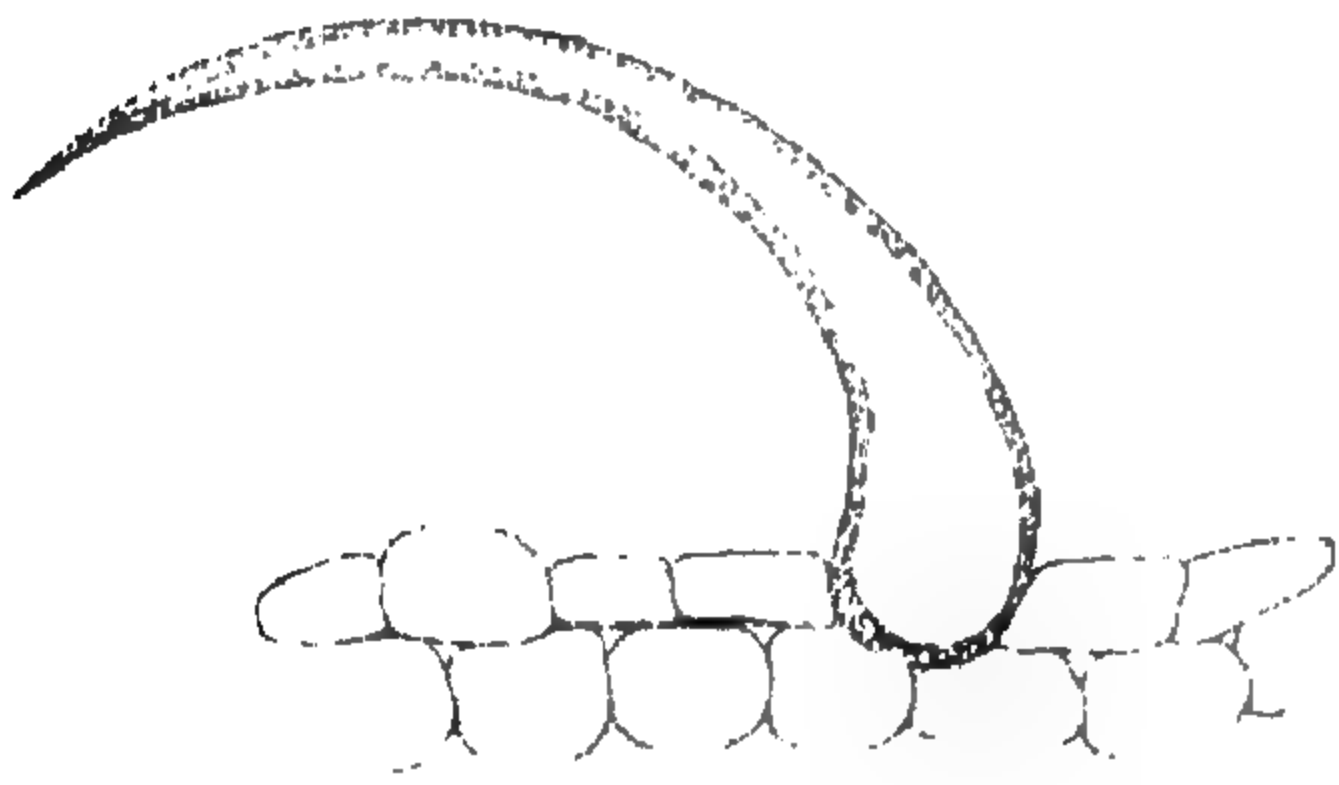
الثغور Stomata

يعتمد النبات على التبادل الغازى فى اداء بعض وظائفه الحيويه مثل التنفس والبناء الضوئى ، والنتح . لذلك كان من الضرورى توصيل جهاز التهويه فى النبات بالهواء الجوى الخارجى وذلك عن طريق ثقب ضيقه تخترق البشره بغزاره على سطح الاوراق والسوق الغضه وذلك فى الاجزاء الهوائيه الخضريه من النبات ، فمثلا يحتوى المليمتر المربع من بشرة ورقة عباد الشمس على ٣٣٠ ثغر ويختلف عددها من نبات لآخر ولا توجد ثغور فى الجذور ولا فى الاجزاء الارضيه الخاليه من الكلورفيل الا انها قد توجد فى السوق الريزوميه رغم وجودها تحت سطح الارض . كذلك توجد فى البتلات الملونه والاسديه والمتاع ويطلق الثغر على فتحه الثغر ، الخليتين الحارستين والخليتين المساعدتين . وهذه الخلايا من خلايا البشره .



(شكل رقم ٢٣)

بعض الاشكال والزوائد والشعيرات للبشره .



(شكل رقم ٢٤) تركيب الثغر

٢ - البريديرم Periderm

البريديرم عبارته عن انسجه واقية بدلا من البشريه التي تتمزق وعليه فانه يشاهد في الاعضاء التي تتلغظ في السمك . كما ان البريديرم قد يتكون بعد انفصال الاوراق والافرع عن النبات كذلك حول الانسجه المريضة او الميتة واسفل الجروح خاصة الجروح العميقة ويسمى بريديرم الجروح Wound Periderm ويتكون البريديرم من :

١ (الكامبيوم الفليني Phellogen

وهذا النوع من الانسجه الانشائي يعطى نسيجا هاما يسمى البريديرم . وفي الجذور المسنة ينشأ من البيريبيكل ، اما في السوق فينشأ من البشريه او القشريه او اللحاء الثانوى ويعطى للخارج نسيج الفلين الواقى وللداخل خلايا القشرة الفلينية وتعرف جميعها البريديرم Periderm

ب (الفلين : Phellem

يتكون الفلين من انقسام الكامبيوم الفليني جهة الخارج فتنتج بذلك صفوفًا متتالية ذات خلايا ميتة وهذه الطبقة تمنع مرور السوائل والغازات وتقى النبات من الحرارة والرطوبة والطفيليات . ويغطى الفلين معظم الثمار والدرنات .

ج (الفليودرم Phelloderm

وهذه الطبقة تنشأ من انقسام الكامبيوم الفليني جهة الداخل . وخلاياها حية وقد يخزن بها النشا .

القلف Phytidome (Bark)

هو البريديرم مضافا اليه القشريه الخارجيه والبشريه حيث تجف خلاياهما وتموت بسبب عزلها بالفلين وهو نوعان :

١ - قلف حشفي Scale- bark

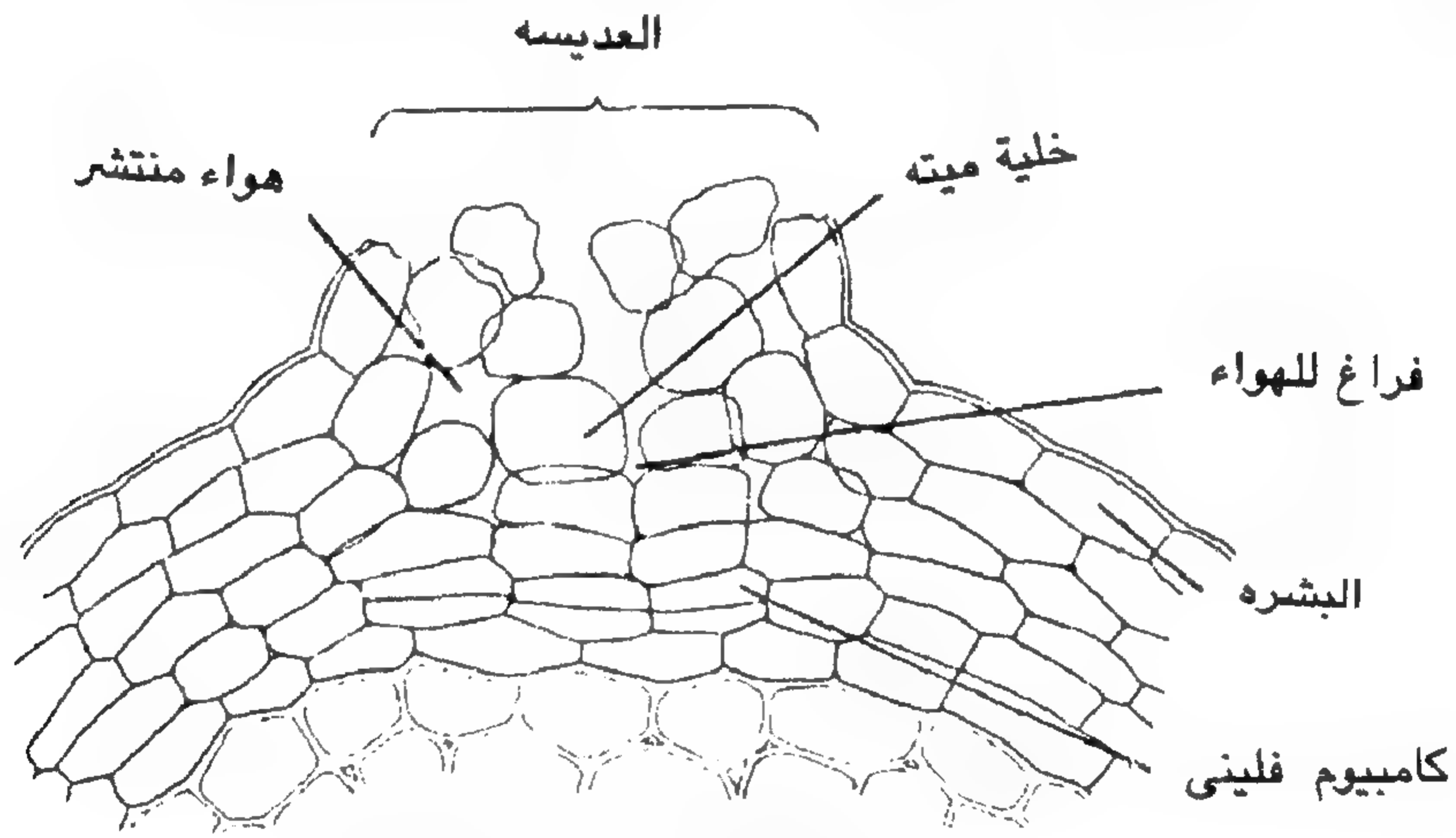
كما في الكافور والتفاح والكمثرى حيث يكون البريديرم سطحيا وتنفصل كميات صغيره من الانسجه الابتدائية مثل البشريه وطبقه او طبقتين من القشريه نتيجة لعزلها بالبريديرم .

٢ - قلف حلقي Ring- bark

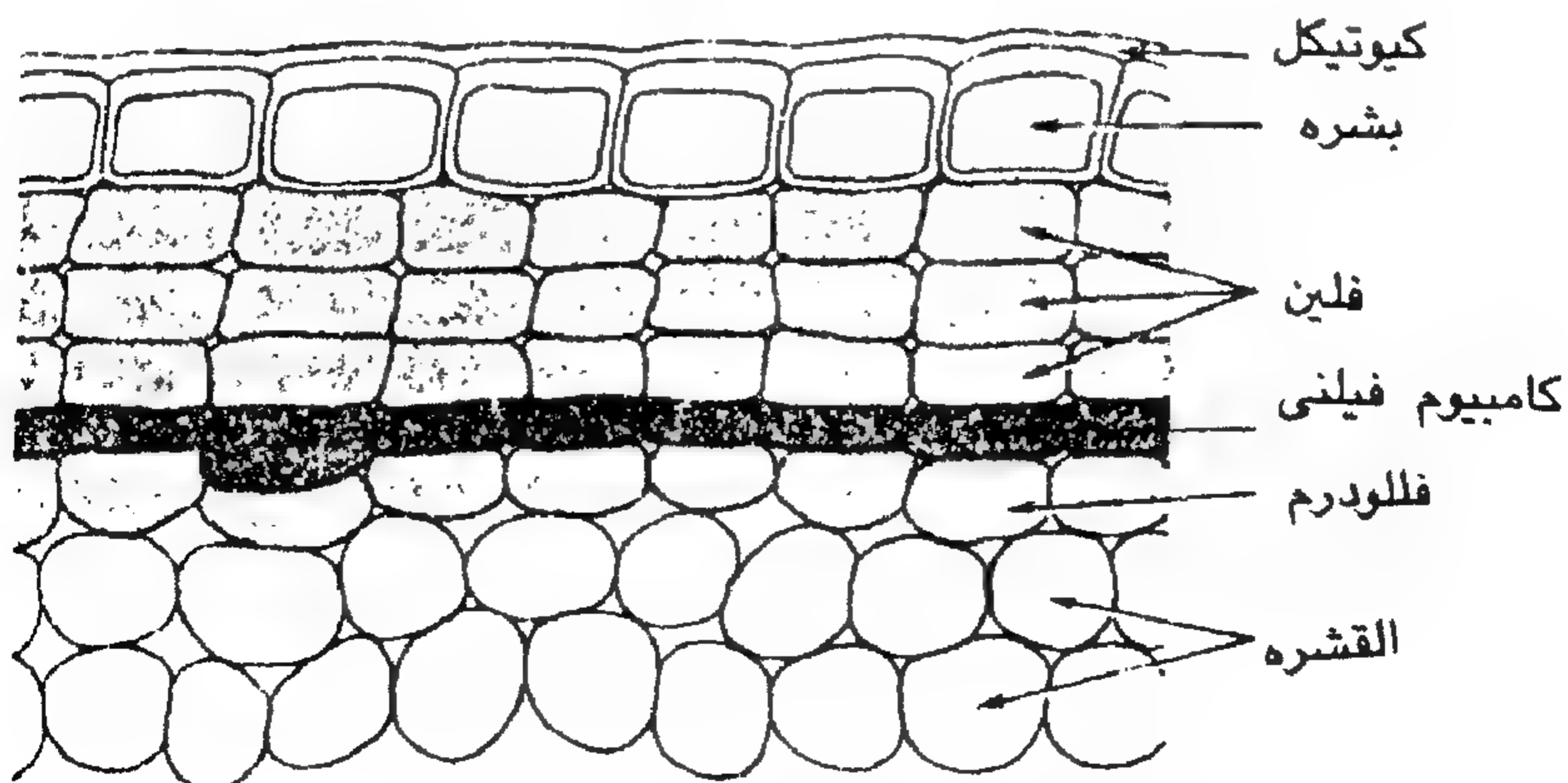
كما في العنب حيث تكون طبقه البريديرم الاولى عميقة فتكون الطبقات التالية لها متتالية .

العديسات Lenticels

العديسات ما هي الا منافذ خارجية تسمح بتبادل الغازات وتقوم بدور هام في عملية النتح . وهي تحل محل الثغور وتؤدي وظيفتها ويبدأ تكوين العديسه بظهور طبقه كمبيوميه خاصه تسمى الفلوجين العديسي Lenticel phellogen تنقسم وتنتج للخارج خلايا بارنشمية رقيقه الجدر متراصه ثم تتمدد وتظهر بينها مسافات بينيه متسعه ويسبب تعددها ضغطا على الانسجه الخارجيه وتمزقها وتصبح معرضه للجو الخارجى ونظرا لتركيبها المفكك فانها تسمح بتسرب الغازات خلالها وتسمى هذه المجموعه بالنسيج المتمم وعند انتهاء موسم النشاط تغلق العديسه نتيجه لتكوين طبقات فلينيه غالقها . وتظل على هذا الحال حتى موسم النشاط فتفتح بتكوين نسيج متمم تحت الطبقة الغالقها لا يلبث أن يضغط عليها ويمزقها .



(شكل رقم ٢٥) تركيب العديسه



(شكل ٢٦) تكوين البريدرم

الاجهزة الافرازية والاعراجية

Secretory and Excretory Systems

يشمل هذا النوع من الانسجة جميع الخلايا التي لها علاقه مباشره بإفراز الصمغ والراتنج والزيوت والرحيق وما شابه ذلك وغالبا ما تتحول الخلايا الافرازية من خلايا اخرى بين انسجة النخاع او الخشب او اللحاء او القشره او اى منطقه اخرى .

والنسيج الاعراجى افرازاته تتسرب من الخلايا مثل الغدد الرحيقيه والغدد المائيه .

اما النسيج الافرازى فتحفظ خلاياه بافرازاتها داخلها ولا تخرج منها الا فى حالة جرح النبات مثل الغدد اللبنيه .

وتمتاز الخليه المفرزه بكبر حجمها ، ووجود طبقه رقيقه من السيتوبلازم وكبر حجم النواه ، وكبر حجم تجويف الخليه الذى يمتلىء بالمواد المفرزه وتتمدد الخليه المفرزه عادة وتأخذ شكلا خاصا يسمى غده Gland وقد يتوسط الغده قناه او تجويف لتخزين افرازاتها او نقلها من مكان الى آخر .

وهذه التجاويف او القنوات انواع :

- (١) تجاويف تباعديه كالموجوده فى الغدد الراتنجيه فى الصنوبر والكافور وتنشأ من تباعد الخلايا المفرزه بعد تمام تكونها .
- (٢) تجاويف تكسريه كالقنوات الزيتيه فى شمراخ القرنفل والقنوات الغرويه فى ساق اللوخييه . وهى تنشأ من تمزق وتهشم بعض الخلايا تاركه فراغا يمثل القناه .
- (٣) تجاويف تباعديه تكسريه كالقنوات الزيتيه فى قشرة ثمار الموالح . وهى تتكون بالتباعد بين الخلايا المفرزه ثم تتمزق جدرها ثانيا . ويتميز فى النبات عموما غدا هامه مثل :

١ - الغدد الرحيقيه Neeteries

تنتج معظم النباتات حشريه التلقيح رحيقا لجذب الحشرات يفرز من خلايا خاصه على الاعضاء الزهرية نفسها ونادرا ما توجد على اعضاء خارج الزهره كالقنابه مثلا والخلايا المفرزه قد تكون خلايا متحوره عن البشره رقيقه الجدر شكلها شبه عمادى كما فى نبات بنت القنصل او تأخذ شكل حلقات . ويخرج الرحيق من الغدد الرحيقيه عن طريق الرشخ خلال الجدر الخارجيه لها ، ويحتوى الرحيق على كميه من

السكر وبعض المواد الغرويه والازوتيه والفسفوريه وقليل من الدكسترين . والخلايا الافرازيه فى المياسم تعتبر من نفس نوع الغدد الرحيقيه .

٢ - الغدد المائيه Hydrathodes

تتخلص كثير من النباتات من الماء الزائد عن طريق الغدد المائيه وهى اما سطحيه لا تتصل بالجهاز الناقل اتصالا مباشرا ، او تتصل مباشرة بالجهاز الناقل كالتى توجد فى نهايات الحزم الوعائيه فى اوراق ذوات الفلقه الواحده وبعض نباتات ذوات الفلقتين مثل ابو خنجر والبرميولا وهذه عباره عن مجموعه من الخلايا تفتح فى الخارج بفتحات تشبه الثغور تسمى الثغور المائيه Water Stomata وهذا الثغر يختلف عن الثغر العادى فى كونه مفتوحا باستمرار ويتم افراز الماء من الثغر المائى على هيئة قطرات سائله مذاب بها قليل من الاملاح وكثيرا ما تلاحظ هذه القطرات فى الصباح الباكر عقب الليالى الدافئه وتسمى هذه العمليه بالادماغ Guttation .

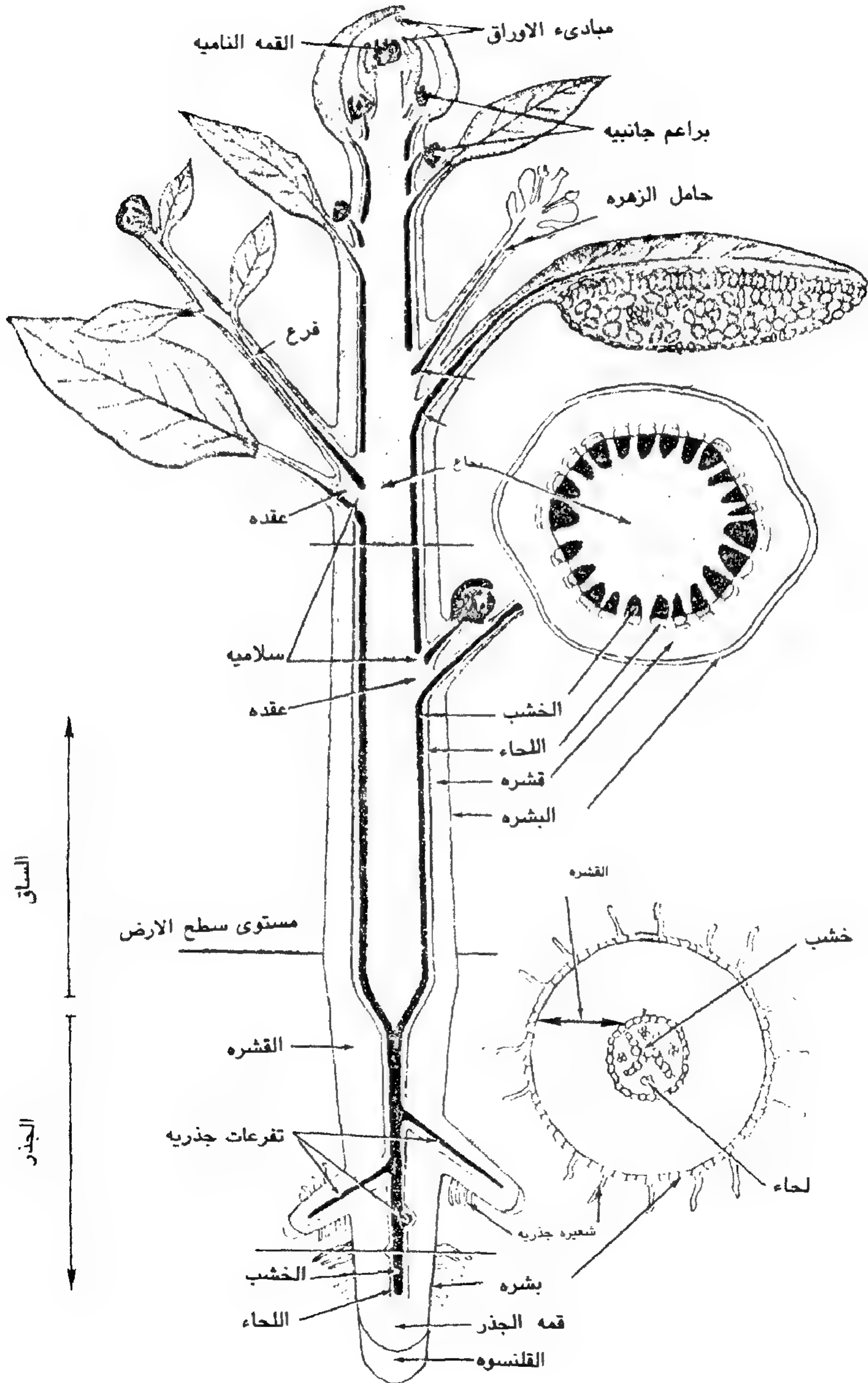
٣ - القنوات (الانابيب) اللبنيه Laticiferousducts (tubes)

تتميز القنوات اللبنيه الى نوعان البسيط وتكون فيه القناه من خليه مفرده . والمركب وتكون القناه به من سلسله من الخلايا تتصل ببعضها مع زوال الجدر العرضيه كليا او جزئيا او تكون مثقبه .

وهذا النوع قد تتصل قنواته ببعضها جانبا وتكون شبه شبكه فى النبات كما فى الشيكوريا والخس والباباظ والخشخاش وقد لا تتصل ببعضها كما فى البطاطا والعليق وجنس Allium وجنس Musa .

والقنوات اللبنيه عموما ذات جدر ابتدائيه طريه مرنه غنيه بالمواد البكتينيه وقد تكون رقيقه وقد تكون ذات سمك ملحوظ .

شكل ٢٧ يبين الانسجه والاعويه الاساسيه



المجموع الجذري

The Root System

المجموع الجذري هو ذلك الجزء من النبات الذى ينمو تحت سطح الارض عادة وان كان هناك جذورا هوائية .. والجذور لاتحمل زوائد كالتى تحملها الساق والمعروفة بالاوراق كما ان الجذور لاتعطى ازهارا ولايوجد عليها ثغور .. وتتميز بخروج تفرعات جانبية من نسيج دائم نسبيا هو البريسيكل تعرف بالجذور الجانبية .. كما تتميز الجذور بوجود قلعنسه جذريه ووجود منطقه الاندودرمس بصورة واضحة فى الجذور عامه بالاضافه الى خلوه من العقد والسلاميات وخلوه كذلك من الكلوروفيل وانتحائه الارضى الموجب .. ومن الوجهه التشريحيه تترتب الانسجه الابتدائيه ترتيبا مختلفا عن الموجود فى الساق فالخشب الاول فى الجذر خارجى وكذلك ترتيب الحزم الوعائيه قطريا فى الجذر وهى ليست كذلك فى الساق

وظائف الجذور : Functions of Root system

تتعدد وظائف الجذور من امتصاص Absorption الى توصيل Conduction مع اهميته الواضحة فى التثبيت Anchorage علاوه على التخزين Storage بالاضافه الى دوره فى التخلص من العناصر والاملاح الذائده عن حاجة النبات Outward diffusion ومن الجدير بالذكر الاشاره الى ما ذكر عن الجذر فى اشجار الفاكهه انها "مطبخ كيميائى " "a sort of a chemical Kitchen" كما اسماء العالمان Mothes and Engelbrecht عام ١٩٥٦ نظراً للدور الذى تلعبه الجذور فى بناء العديد من المركبات العضويه كالاميدات ، الاحماض الامينيه والبروتين والليبيدات وبعض المركبات الهرمونية وكثير من المركبات العضويه الاخرى كما انها موقع هام لتحويل النيتروجين المعدنى الى صورته عضويه كما اكدت بعض الدراسات على ان فى جزيرات اشجار التفاح يتم اختزال النترات وتكوين الاحماض الامينيه بالاضافه الى ماسبق فإن بعض الجذور تقوم بالتمثيل الضوئى اذا احتوت على الكلوروفيل او تقوم بالتكاثر الخضري بانتاجها افرعا هوائيا تعرف بالسرطانات Sucners كالتفاح او تستغل فى التكاثر بأستخدامها عقلا كالجوافه وغيرها

انواع المجاميع الجذرية Types of Root system

١ - المجموع الجذري الوتدي Tap Root system

وفيه يظهر الجذر كمحور رئيسي تخرج عليه الجذور الاقل طولا وسمكا ثم يتوالى خروج الجذور بترتيب يعرف بأسم التعاقب القمي Acropetal Succession حيث يكون الاكبر جهة المحور والاصغر جهة قمة الجذر Root tip ويتجهه المجموع الجذري الوتدي في نموه الى اعماق كبيره في التربه . وهو المميز لاغلب نباتات ذوات الفلقتين

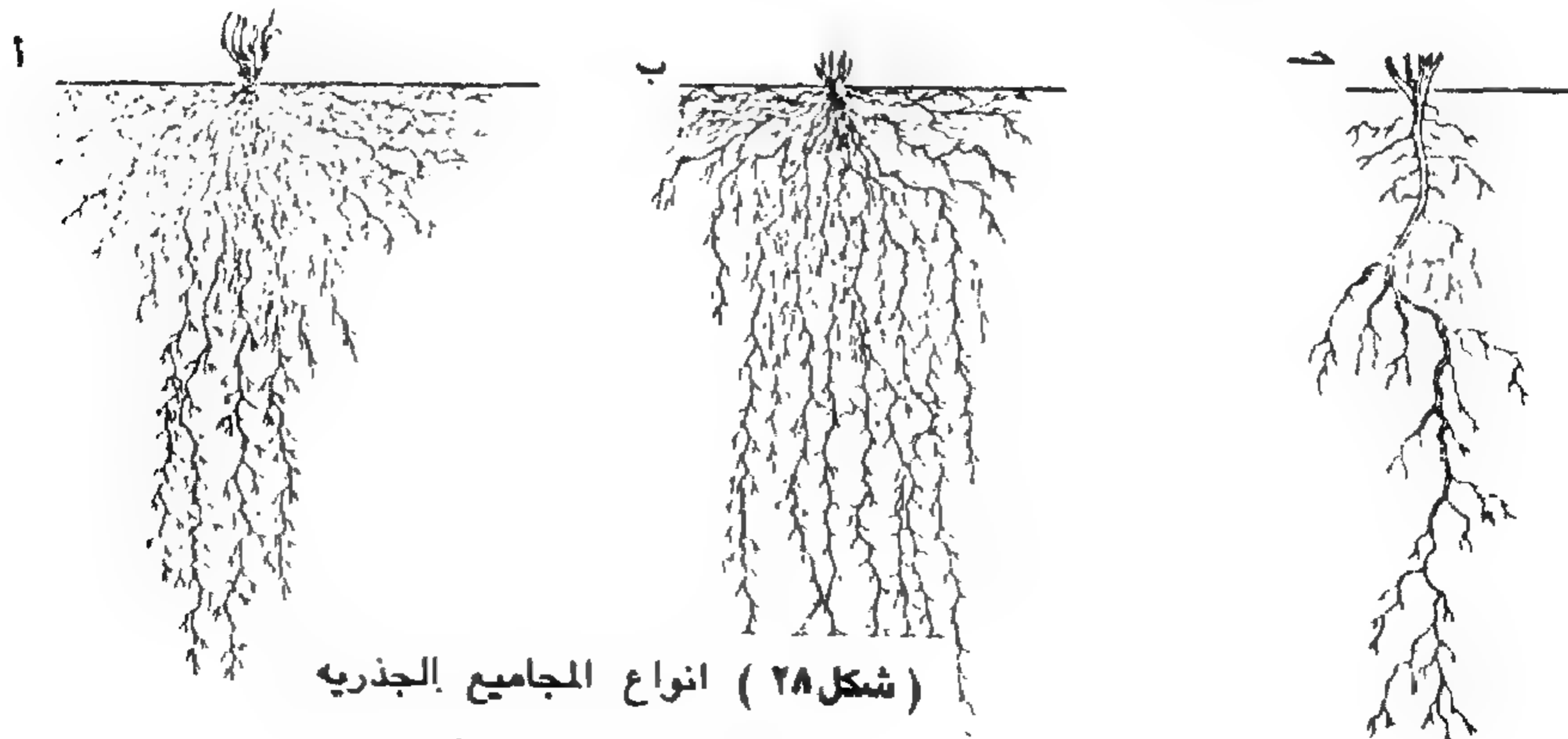
٢ - المجموع الجذري الليفي Fibrous (Diffuse) Root system

وفيه توجد الجذور على شكل الياف حيث تتميز بالطول والرفع ولايوجد لها محور واحد كالنوع السابق ولكن توجد وحدات عديدة متساويه .. ولايميل هذا النوع الى التفرع ويكثر وجوده في نباتات ذوات الفلقة الواحدة .

٣ - جذور اشجار الفاكهه

تتميز الاشجار بوجود مجموعتين من الجذور احدى المجموعتين تقوم بعملية الامتصاص وتكون عرضيه موازيه للسطح وتنتشر بانتشار المجموع الخضرى المجموعه الثانيه تقوم بالتثبيت Anchorage حيث يكون نموها موازيا للسطح لمسافة قصيرة ثم تتعمق الى اسفل لمسافات كبيره ..

كما ان بعض النباتات تقوم الجذور بالامتصاص من اعماق مختلفه نظرا لصعوبة البيئه التى تنمو فيها كنبات الصبار جنس Cactus فله جذور سطحيه موازيه لسطح التربه تقوم بامتصاص ماء الامطار الضئيله الساقطه فى المنطقه وجذور اخرى عميقه تقوم ايضا بالامتصاص إن وجد مصدر للماء .



١ - ب جذور ليفيه - ح جذور وتديه

انواع الجذور Types of Roots

١ - الجذر الاصلى Main Root

ويطلق عليه الجذر الابتدائى Primary فهو الجذير الموجود فى الجنين بعد نموه واستطالته ويتجهه فى نموه الى اسفل حيث انه موجب للجاذبية الارضية ويتكون عليه جذورا اخرى واذا تميز فى السمك عن باقى الجذور المتكونه كون جذرا وتديا .. واذا تساوى مع الجذور الاخرى كون مجموع جذرى ليفى ..

وقد تنمو جذورا اخرى بعد ظهور الجذر الاصلى ولا تنشأ منه تسمى بالجذور الجنينية او البذرية Seminal or seed Root

٢ - الجذر الثانوى او الجانبى Secondary or Lateral Root

يخرج هذا النوع من الجذور من على جذور اخرى وتكون نشأته داخلية عادة من خلايا البريسيكل فى معراه ومغطاه البذور او من اللحاء احيانا اذا توقف البريسيكل عن النشاط فى الجذور المسنه ونتيجة لعدم تأثر تلك الجذور بالجاذبية الارضية فإن الزوايا بين الجذر الثانوى والجذر الاصلى الخارج منه تختلف فنجدها ٩٠ درجة بالقرب من السطح وقليله قرب القمه . كما تميز الجذور التى تخرج على الجذر الاصلى مباشرة بأنها جذور الدرجة الثانية 2 nd order وماينشأ عليها تعرف بجذور الدرجة الثالثة 3 rd order

٣ - الجذر العرضى Adventitious Root

وهى الجذور التى تخرج فى اى جزء نباتى ماعدا الجذور كالساق او الورقه .. ويكون خروجها من مناطق مختلفه فقد تخرج من البريسيكل او الاندودرمس او اللحاء الثانوى او القشره الخارجيه فى بعض الحالات

وهذه الجذور تكثر فى النباتات من ذوات الفلقه الواحدة

مناطق الجذور Root Zones

١ - القلنسوه Root cap (calyptra)

توجد القلنسوه فى قمه الجذر وتغلفه لحمايته وتسهيل مروره فى التربه ولها شكلها وتركيبها المميز ليتلاءم مع وظيفتها فهى كستبانیه الشكل Thimble- shaped مكونه

من طبقات عديدة من خلايا بالغه مستديره عند النضج جذرها مخاطيه لزجه mucilaginous متآكل وتتميز به بأستمرار ولكنها تعوض بخلايا جديدة توجد في معظم انواع النباتات باستثناء النباتات المائيه وعند الزراعه في مزارع مائيه

٢ - منطقه القمه الناميه او المنطقه الانشائيه القميه

Growing point Region or Apical meristem

هذه المنطقه مكونه من خلايا انشائيه نشطه تعطى بأنقسامها خلايا جديده تضاف الى منطقه الاستطاله يبلغ طولها حوالى ١ ملليمتر

٣ - منطقه الاستطاله Elongation zone

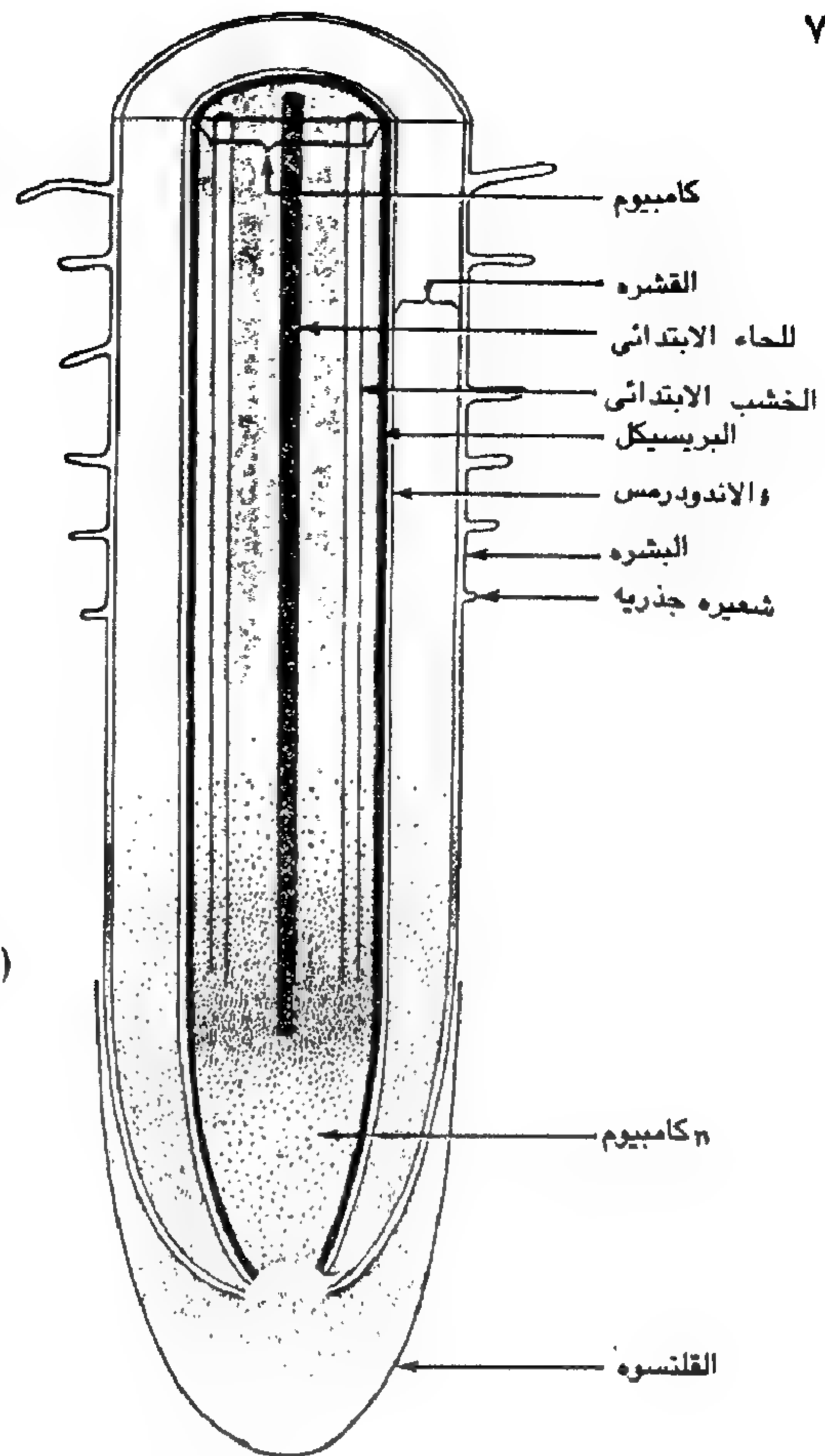
يتراوح طولها حوالى ٢ - ٥ ملليمتر وتنتج عن استطاله الخلايا الناتجه من المنطقه السابقه وتتميز خلاياه بالمرونه والتشكل Elasticity and plasticity وتزداد في الحجم بزيادة المحتوى المائى وزيادة في الكتله البروتوبلازميه

٤ - منطقه الشعيرات الجذريه Root Hairs Region

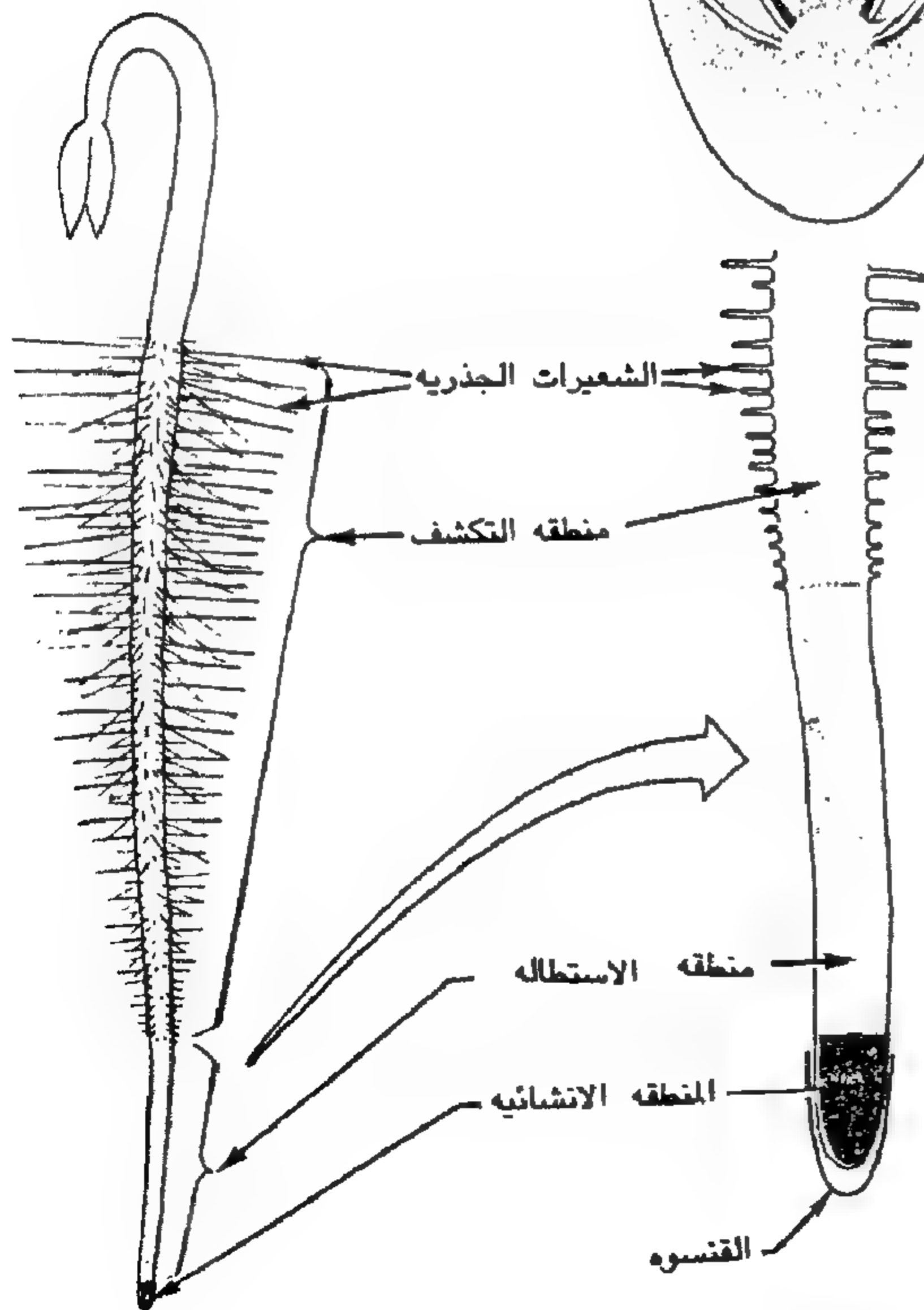
تعتبر هذه المنطقه هى منطقه الامتصاص الرئيسيه في الجذر وهى توجد بعيدا عن منطقه الاستطاله حتى لاتتمزق والشعيره الجذريه المتكونه في هذه المنطقه هى خليه قد حدث لأحد جذرها امتداد جانبي ويتكون الجذر من السليلوز والبكتين فقط وبها فجوة تربطها بالخليه التى نشأت منها ونواه هذه الخليه توجد بالقرب من قمه الشعيره وتستمر الشعيره حيه تؤدي وظيفتها في الامتصاص لبضعه ايام واسابيع ثم تموت وتتحلل وتنمو شعيرات جديدة بالقرب من منطقته الاستطاله ويعمل ذلك على تغير دائم لمنطقه الامتصاص في التربيه وبالتالي الاستفادة من محتوياتها في المستويات المختلفه . وتوجد الشعيرات في عظم جذور النباتات بأستثناء النباتات المائيه .

٥ - المنطقه الدائمه : Permanet Region

وهى منطقه خروج الجذور الثانويه ذات النشأة الداخليه وتزداد هذه المنطقه في الطول بأستمرار نمو الجذور . وتبدأ بسقوط الشعيرات الجذريه ومعها طبقه البشريه وفي هذه المنطقه تكون الانسجه قد تم نضجها وتتدرج الجذور الجانبيه في الطول فكلما قربت من القمه كانت اصغر كما يلاحظ ان الجذور الجانبيه تخرج من مناطق مواجهه للخشب الاول في الاسطوانه الوعائيه ولذا ترى مرتين في صفوف طوليه .



(شكل ٢٩) مناطق الجذر



تحويلات الجذور Modification of Roots

تتحوّل بعض الجذور لتأدية وظيفة أخرى غير الوظائف التقليدية السابقة ذكرها .
ومن هذه التحويلات :-

١ - جذور دعمية هوائية Prop roots

وهي تعمل على تثبيت المجموع الخضرى بجذور عرضية هوائية تنمو من عقد الساق القريبة من سطح التربة كما في نباتات الذرة والقصب او تنمو في افرع عالية كما في نبات التين البنغالي *Ficus benghalensis* وتنمو الجذور من اعلى الى اسفل حتى تخترق سطح التربة وتتفرع تحت السطح فتعمل على التثبيت كما تقوم بالامتصاص .

٢ - جذور دعمية حاجزية Buttress Roots

تنمو هذه الجذور لبعض الاشجار في المناطق التي توجد بها اعاصير حيث تنمو الجذور سطحية وتتغلط في مستوى اعلى من سطح الارض ويستمر هذا التغلظ الغير متجانس مما يؤدي الى تكوين حواجز سائده فوق السطح تمتد مائله من جذع الشجرة الى التربة واحيانا يصل الارتفاع لهذه الجذور الى متر او اكثر . وتشاهد في اشجار اريودندرون *Eriodendron* وتاكسوديوم *Taxodium*

٣ - جذور متسلقه Climbing roots

وهي جذور عرضية على سيقان بعض النباتات الغير قادرة على النمو الخضرى حيث تنمو جانبا من الساق في اتجاه الدعائم وتثبت نفسها في شقوق الدعامة ..
بالاضافه الى افرازها لمواد هلامية لاصقه كنبات حبل المساكين

٤ - جذور مخزنه Storage roots

وهذه الجذور تتضخم بالمواد الغذائية غالبا مايكون نشا ومنها الوتدى كالفجل واللفت .. او انتفاخات درنيه جذريه *Tuberous roots* وقد تكون من جذور ثانويه وعرضيه كما في نبات الداليا *Dahlia* او جذور عرضيه فقط كالبطاطا والاسبرجس

٥ - جذور شاده Contractile roots

بعض الابصال او الكورمات تكون جذور لتعمل على جذبها الى اسفل لوضع نمو السنه الحاليه في المستوى الملائم له .. وهذه الجذور تسمى الشاده وهي سميكة تظهر

عليها تجاعيد لولبية وذات قدره على الانقباض مما يؤدي الى تقصير الجذر بمقدار ٣٠ - ٤٠٪ من الطول وتشاهد في ابصال وكورمات افراد العائلة الزنبقية والسوسنيه وغيرها من ذوات الفلقه الواحده مثل *Crocus*, *Gladiolus*, *Lilium martagon* *Pancratium* كما توجد في بعض الريزومات بغرض زيادة التثبيت كما في نبات *Asparagus - Polypenatum*

٦ - جذور تنفسيه Respiratory Roots

وتوجد في بعض المناطق الرديئه التهويه في مناطق نمو الجذور فلا تستطيع تلك الجذور الحصول على مايكفيها للتنفس تنمو رأسيا الى اعلى وتخرق سطح التربه وتعرف بأسم الركب *Kness* وقد يصل ارتفاعها الى ٢٠ سم ويتم دخول الهواء من خلايا طبقه خارجيه فيلينييه تحتوى على عديد من العديسات *lenticels* يوجد للداخل خلايا برنشيمييه تتخلها مسافات بينيه واسعه ولا تحمل الجذور التنفسيه شعيرات جذريه ولكن تحمل افرع قصيره تحمل الشعيرات الجذريه وتشاهد في نباتات *Sonnevatia alba*, *Avicennia officinalis* وبعض انواع جنس *Rhizophora*

٧ - جذور لامتصاص الهواء الجوى Aerial absorbing Roots

وهذه الجذور العرضيه تنمو من الساق ولا تصل الى سطح التربه ولا تنمو شعيرات جذريه .. وانما تغلف بنسيج ذو تركيب اسفنجى يعرف باسم الحجاب الجذرى *valamen* يساعد على امتصاص الماء من الهواء وهذا النسيج يتكون من طبقات من خلايا ميتة فارغه جدرها مغلظه بواسطه شرائط لجنينيه ومتصله ببعضها وبالهواء الجوى بواسطه ثقب .. ويلى الحجاب طبقه واحده من خلايا مغلظه من الاكسودرمس يوجد بينها خلايا غير مغلظه تسمح بالمرور - يليها القشره التى تتكون من خلايا كلورانشميه وتشاهد هذه الجذور في بعض نباتات الاوركيد العالقه بالأشجار مثل نبات *stanhopea* وبعض اشجار مثل التين البنغالى

٨ - جذور تقوم بالتمثيل الضوئى photosynthetic

وهذه بالطبع تحتوى على كلوروفيل كما في نبات الاوركيد *تنيوفيللم* وسيقان هذا النبات لاتحمل اوراقا بل تحمل ازهار فقط .. والجذور هى العضو المسئول عن النبات الضوئى في هذا النبات .

اما في نبات الذرة فان الجذور الدعامية التى تظهر فوق سطح الارض فإنها تحتوى على كلوروفيل .

٩ - جذور تساعد على الطفو Buoyant roots

تخرج من الجذور الابتدائية لبعض النباتات المائية جذورا تنمو رأسيا وتطفوا فوق سطح الماء نتيجة لامتلاء المسافات البينية الواسعة الموجودة بين الخلايا البرنشيمية المستطيلة في نسيج القشره بالهواء كما في نبات *Jussieua Repens*

١٠ - الجذور التعاونية Symbiotic Roots

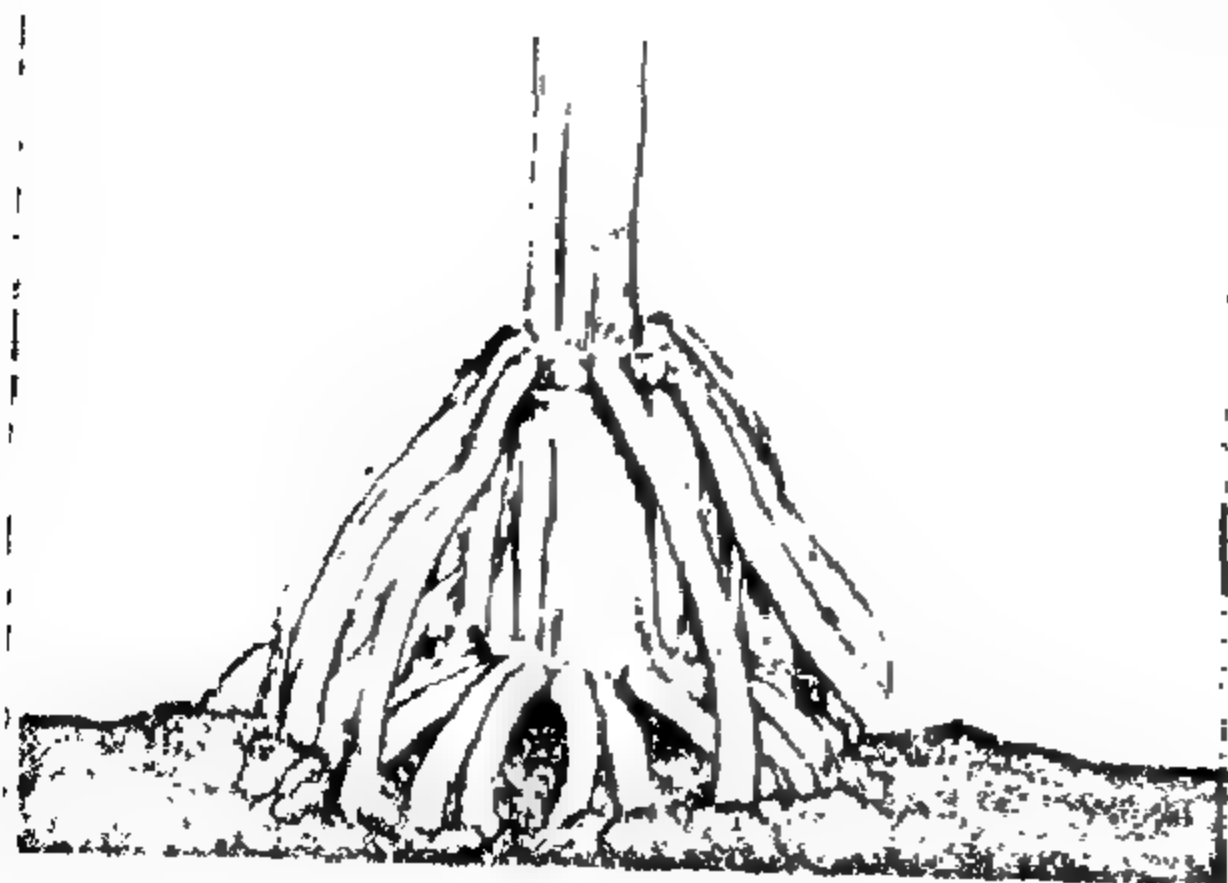
في كثير من النباتات تعيش بعض الفطريات عليها وتسمى الجذور على الفطريات بالميكروميزا *Mycorrhiza* وتتعاون في معيشتها وتسمى معيشته تعاونية *Symbiosis* حيث يفيد الجذر الفطر بأمداده بالغذاء العضوى وخاصة الكربوايدرات ويقوم الفطر بامتصاص الماء والعناصر الغذائية حيث سطحها الماص اكبر من السطح الماص للجذور

واذا عاش الفطر على سطح الجذر اعتبر سطحى المعيشه *ectotrophic* كما في الصنوبر او داخل المعيشه *Endotrophic* كما في الاوركيد وفي نبات مونوتروبا *Monotropa* تعمل الفطريات على امداد النبات بالغذاء حيث لاتحتوى على كلورفيل ويقتصر عمل النبات على امداد الفطر بالفيتامينات .

١١ - الجذور الطفيلية الماصة Haustoria

وخير مثال لهذا التطفل نباتى الحامول والهاموك وان كان الجذر الماص فى كلاهما مختلف فى نشأته فالحامول تخرج من ساقه جذورا عرضيه طفيلية ماصه تخترق انسجه ساق النبات الاخر كالبرسيم حتى تصل الى الانسجة الوعائيه ويتم نقل الاحتياجات الغذائيه فى العائل (البرسيم) الى الطفيل (الحامول) بالاضافه الى ان الطفيل لا يحمل اوراق خضراء فهو لا يقوى على النمو ويلتف حول العائل .

اما فى الهالوك فإن الجذور الماصة منه اصلية وهو متحور لتأديه وظيفه التطفل بأختراق جذور نبات العائل (الفول) حتى يصل ويتصل بالانسجة الوعائيه والطفيل (الهالوك) لا يحمل اوراق خضراء كسابقه



(شكل ٣٠) جذور دعاميه

التركيب الداخلى للجذر

Anatomy of the Root

اولا : تركيب جذر حديث من ذوات الفلقتين Anatomy of young Dicot Root

يختلف تركيب الجذر فى المناطق المختلفة للنبات الواحد فمنطقه القمه الناميه تختلف عن منطقه الاستطاله تختلف عن منطقه الشعيرات او المنطقه الدائمه وهكذا .. ويظهر الاختلاف كما فى الرسم وعند فحص القطاع العرض فى منطقه الشعيرات يمكن ملاحظه الطبقات التالية :-

١ - البشره Epidermis

وهى الطبقة الخارجيه الاولى من الجذر مكونه من صف واحد من الخلايا المتلاصقه ذات الجدر الخاليه من الكيوتين غالبا .. واحيانا يتكون عليها طبقه واضحه من الكيوتين اذا استدامت .

تستطيل بعض الخلايا مكونه الشعيرات الجذرية ولذا تعرف طبقه البشره فى هذه المنطقه بالطبقه الوبريه Piliferous layer وهذه الشعيرات كما سبق ذكره قصيره العمر تتمزق البشره اثناء اندفاع الجذر فى التربه ويحل محلها اول طبقه من القشره حيث يتكون الاكودرمس Exodermis لحمايه الانسجة الداخليه

٢ - القشره Cortex

تتكون من خلايا برانشيميه ذات اقطار متساويه تقريبا جدرها رقيقه بينها مسافات بينيه واسعه هذه المنطقه خاليه من الألياف والخلايا الكولنشيمية اول طبقاتها تسمى الاكسودرمس وآخرها تسمى الاندودرمس Endodermis وهى متراصه بجوار بعضها لاتترك مسافات بينيه وتوجد على جدرها القطريه اشطره مشبعه بمواد تشبه السوبرين وهى غير منقذه للماء تسمى الاشطره الكسبيريه Casparian strips وقد يحدث فى الادوار الاخيريه من النمو ترسيب لطبقه من اللجنوسليلوز على الجدر القطريه بالاضافه الى الجدار المتماس الداخلى ويأخذ الترسيب شكل حرف [ب] او يشمل كل الجدر فيأخذ شكل حرف [O] فى القطاع العرضى وفى هذه الحالات يوجد خلايا ذات جدر رقيقه تقابل الخشب الاول ويطلق عليها الخلايا الممره Passage or Transfusion cells

٣ - الاسطوانه الوعائيه The Stele

اول طبقه من الاسطوانه الوعائيه تلى الاندودرمس وتسمى البريسيكل Pericycle وهى خلايا برانشيمييه موجوده فى صف واحد . لها القدره على الارتداد مره اخرى الى الحاله النشطه وتكوين جذور ثانويه او خلايا انشائيه ثانويه اثناء النمو الثانوى تلى هذه الطبقة الانسجه الوعائيه الابتدائيه حيث يتبادل الخشب قطريا مع عدد مساو من مجاميع اللحاء حيث يوجد كل منها على نصف قطر . ويلاحظ وجود الخشب الأول جهه الخارج والخشب الثانى جهه الداخل ويفصل بين الخشب واللحاء خلايا برانشيمييه .

٤ - النخاع Pith

وهو مركز القطاع وقد لا يوجد واذا وجد فهو منطقه طبقه خلايا برانشيمييه . قد لا تتغلظ .

ثانيا : تركيب جذر من ذوات الفلقه الواحدة Anatomy of Monocot Root

البشره

لا تختلف عن مثيلتها فى ذوات الفلقه .

٢ - القشره

لا تتسوبر خلايا الاكسودرمس حيث تظل جدرها رقيقه تسمح بنقل الماء والاملاح الى داخل الجذر .. اما خلايا الاندودرمس فيزداد الترسيب فى خلاياها وتصبح على شكل حرف C او O مع وجود الخلايا الممره .

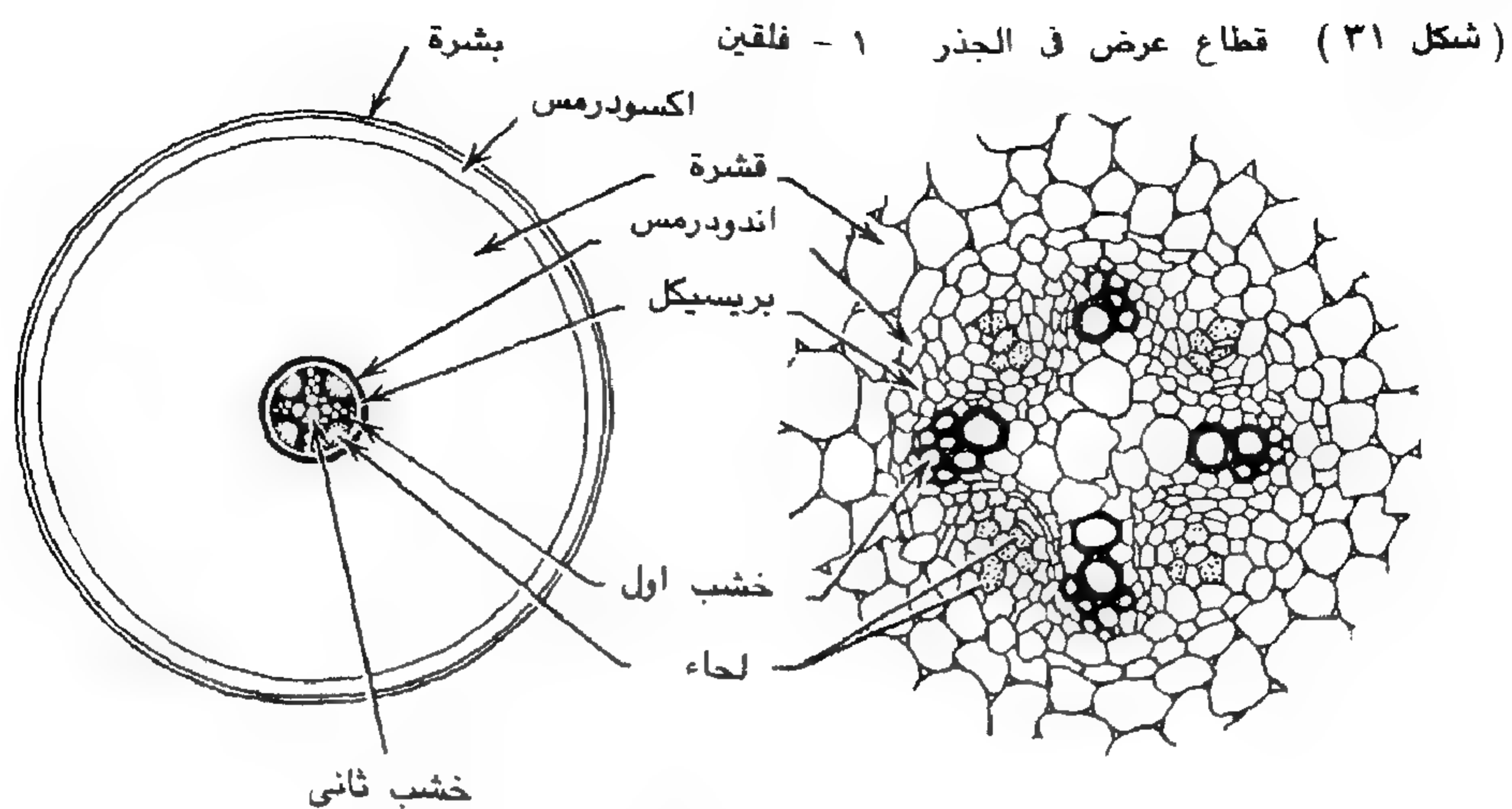
المنطقه المحصوره بين الاكسودرمس والانودودرمس ضيقه اذا ما قورنت بمثيلتها فى ذوات الفلقتين .

٣ - الانسجه الوعائيه

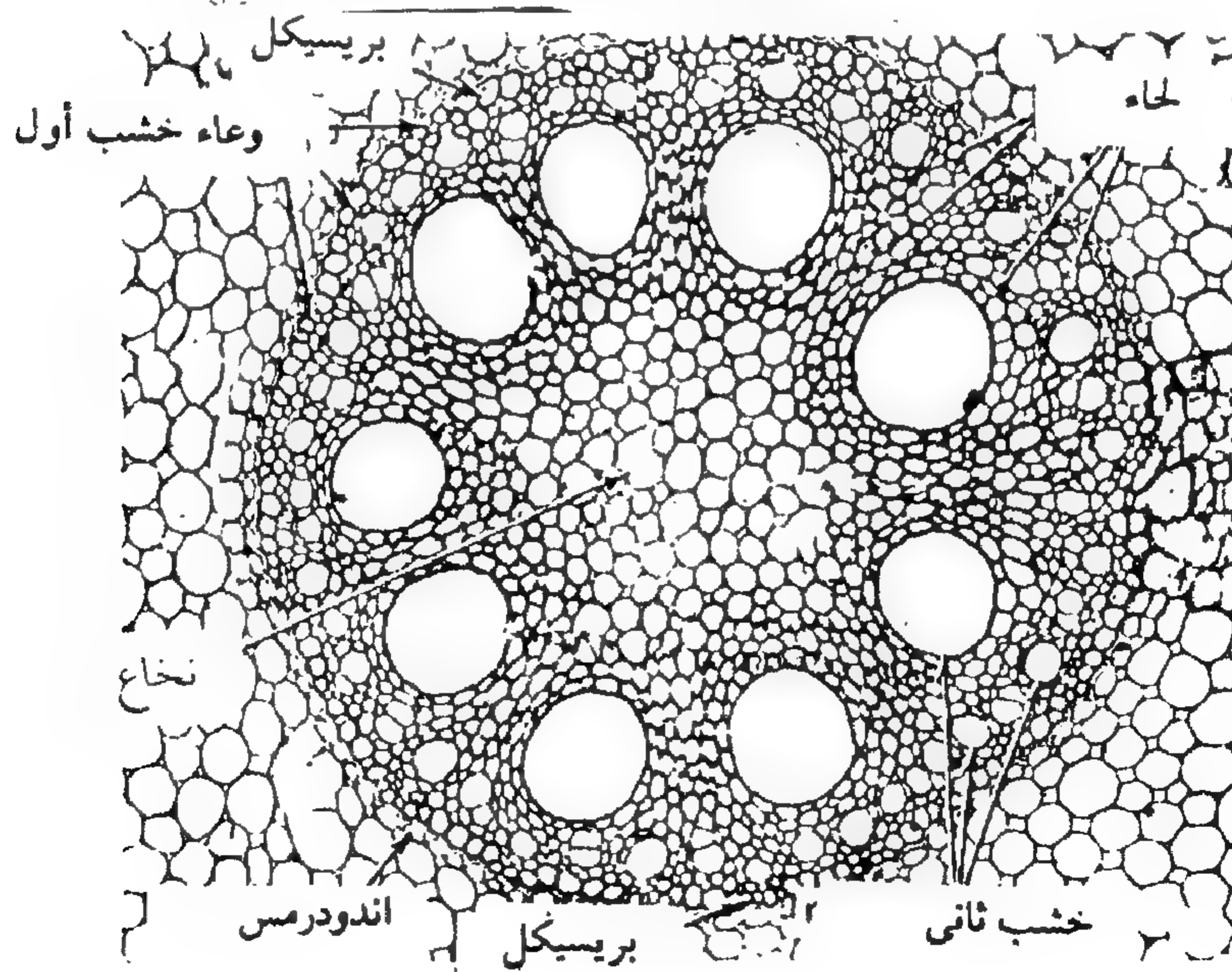
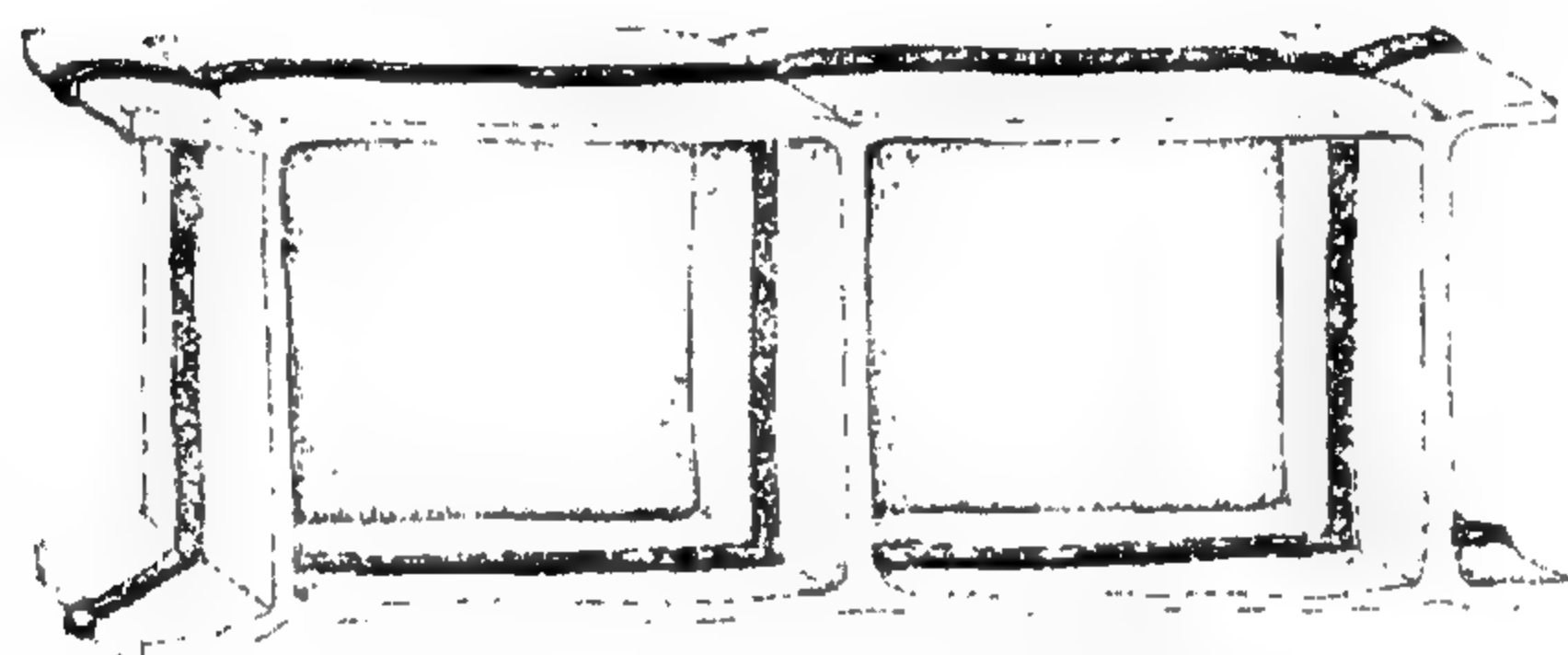
يزيد عددها ويصل الى ١٥ - ٢٠ او اكثر من ذلك .. كما ان اللحاء يخلو من البرانشيميه (برانشيمه اللحاء) .

٤ - النخاع

خلاياه برانشيمييه قد تكون مغلظه وهو اوسع من نخاع جذر النبات ذوات الفلقتين .



ب - شريط كاسبرى



ق . ع . في جذر من ذوات الفلق الواحد

نشأ الجذور الجانبية والعرضية :-

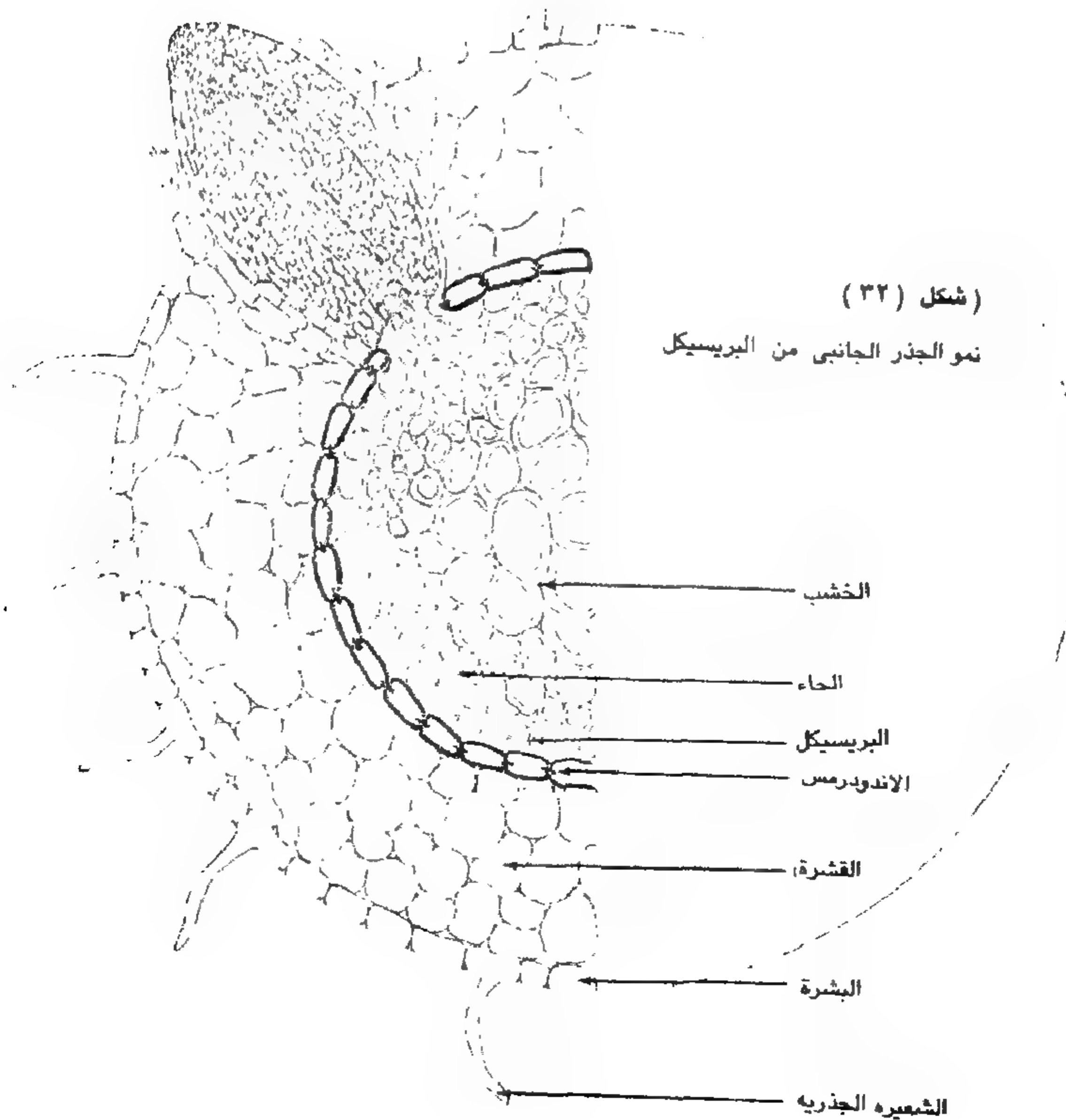
تنشأ الجذور الجانبية في الجذر في المنطقة الدائمة من أنسجه بالغه غالبا ما تكون البريسيكل حيث تنقسم خلاياه قطريا ومحيطيا مكونه مرستيم قمى كما تنقسم خلايا الاندودرمس مكونه قلنسوه تحيط بالقمه النامية وذلك في مناطق مقابله للخشب الاول وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبية عادة مساو للحزم الوعائية اما في الجذور ذات الحزمتين فتتمو في مقابل المسافات بين اذرع الخشب واللحاء .

ينمو المرستيم القمى وعليه القلنسوه مخترقا باقى أنسجه القشره والبشره كما يتميز اثناء النمو من المرستيم القمى أنسجه الجذر المختلفه . فتنفصل القلنسوه الناتجه عن الاندودرمس وتبقى القلنسوه الحقيقيه للجذر الجانبى ما عدا الحالات التى لا يتكون فيها قلنسوه حقيقيه .

اما الجذور العرضيه فإذا نشأت على السيقان الحديثه او الاوراق فتتكون من الخلايا البرانشيمييه الموجوده بين الحزم .

اما في السيقان المسنه فتنشأ من الأشعه الوعائية قريبا من نسيج الكامبيوم .

اما في حاله التكاثر بالعقله الساقيه فإن بعض الخلايا البرانشيمييه فى قاعده العقله تستعيد نشاطها وتكون ما يعرف باسم الكالس Callus (كالس الجروح) وهذه تنتج منها الجذور العرضيه للعقله .



Water Absorption of plant

تقوم الجذور بامتصاص الجزء الأكبر من الماء للنبات غير ان هناك بعض نباتات قليلة مثل العليق *Convolvulus* وغيرها يمكنها أمتصاص الماء بواسطة أعضائها الهوائية غير ان هذا المصدر لايعتمد عليه النبات في أخذ مايكفيه من احتياجاته المائية . كذلك بعض النباتات المتسلقة كنبات الأيفى *Hedra helix* والأميلوبس تتكون لها جذور عرضية على سوقها المتسلقة وتتغلغل هذه الجذور في شقوق الدعامات والجدران وتمتص ماقد يتراكم من ماء الأمطار فيها علاوة على تثبيت هذه النباتات وتمتص النباتات المائية الماء من جميع أجزاء جسمها المغمورة فيه كالأوراق والسوق بالإضافة الى الجذور كما تقوم الجذور بتثبيت النبات وتعمل كمركز ثقل لها وتجعلها في وضع رأس لتقاوم التيارات المائية التي تحاول جرفها .

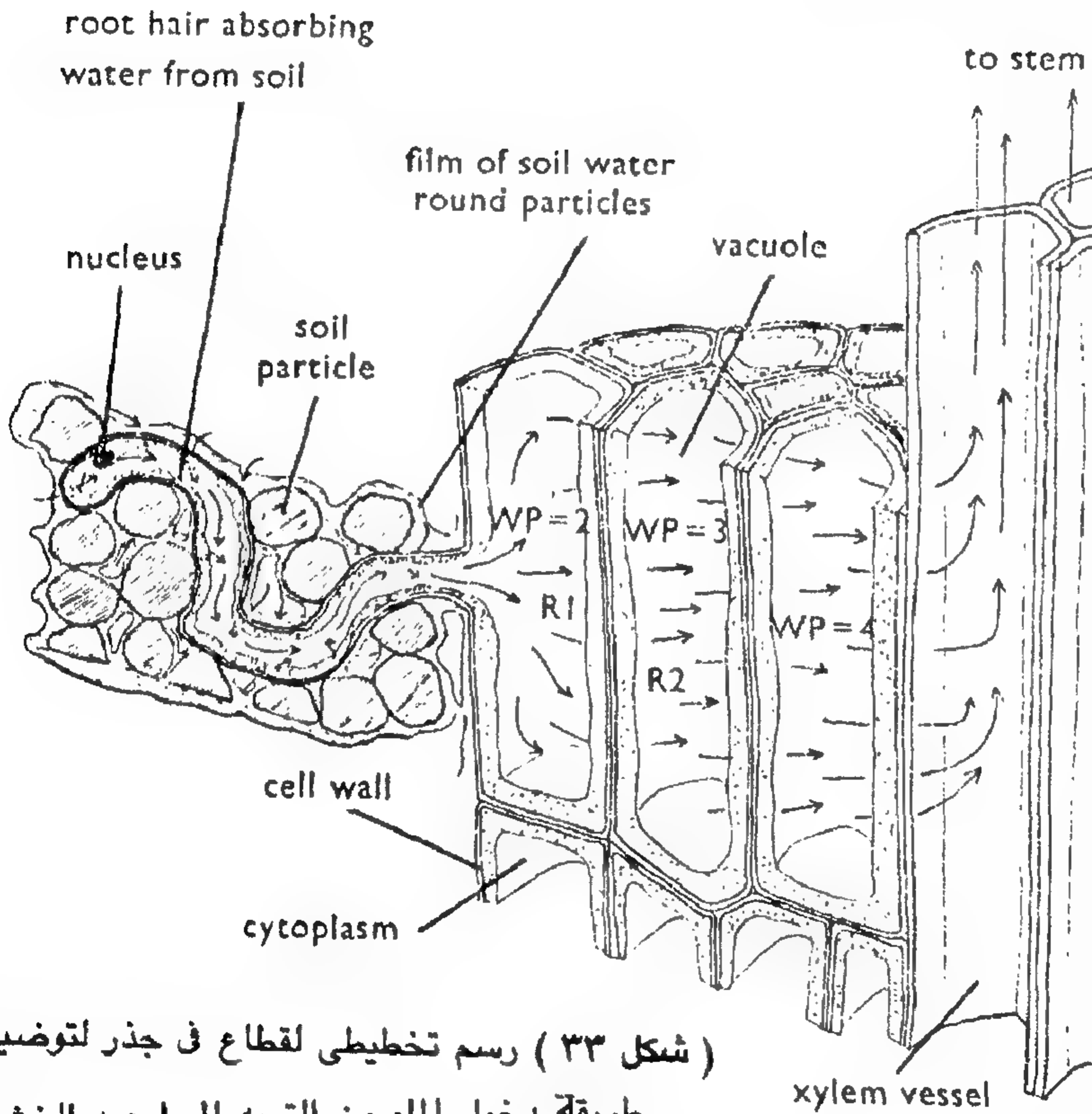
والتربة الزراعية تحتوى على كميات من الماء في صور مختلفة ومتعدده ، فعند تساقط الأمطار بكميات وفيره او بعد الري يتم صرف جزء من الماء إلى أسفل ويسمى الماء الحر *Free water or Gravffational water* ويعتبر عديم الفائدة للنبات ويرشح جزء من الماء الى اسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية حيث يصل الى مستوى الماء الأرض *Water table* وهو ذو فائدة قليلة للنبات ويعتبر الماء الحر ضاراً للنبات حيث انه يزيل الهواء فيضمل نمو الجذور لنقص الأكسجين وتحتفظ حبيبات التربة بجزء كبير من ماء الأمطار والري ضد الجاذبية الأرضية مما يحافظ على رطوبة التربة فيدمص جزء منه بغرويات التربة على صورة غشاء رقيق ويسمى بالماء الأيجرورسكوبى *Hygroscopic water* وهو عديم الفائدة للنبات : ويسمى مايتبقى من الماء بعد ذلك بالماء الشعري *Capillary water* الذى يملأ المسافات بين حبيبات التربة او يكون أغشية حولها ويعتبر ذو أهمية كبيرة للنبات وذلك لامتصاص الجذور له .

أمتصاص الماء بواسطة الجذور

عند فحص قطاع عرضي في جزء حديث في منطقة الأمتصاص نرى الأنسجه المختلفة التى يجب أن يخترقها الماء الذى يتحرك من التربة الى أوعية الخشب (شكل ٣٣) ووجدنا ان اول طبقة من طبقات الجذر في منطقة الامتصاص من الخارج هى طبقة البشرة *Epidermis* وهى عبارة عن اسطوانه تغلف الجذر سمكها خليه واحدة ويخرج من معظم خلاياها الشعيرات الجذرية وتتميز خلايا هذه الطبقة بأحتوائها على فجوات كبيره وجدرها مغطاة بطبقة مخاطية لتزيد من درجة التصاقها بحبيبات التربة .

وتلى منطقة البشرة من الداخل طبقة القشرة Cortex وهي مكونة من عدة صفوف من الخلايا البارنشيمية ذات الجدر السليولوزية الخالية من أى مادة تمنع نفاذ الماء .

وأخر طبقات القشرة هي طبقة الاندودرس Endodermis وهي طبقة سمكها خلية واحدة وجدر خلاياها متلاصقة تماماً وتكون اسطوانانه تفصل بين طبقتى الجدر (القشرة والأسطوانة الوعائية) . وخلايا هي الطبقة مغلظه من جدرها العليا والسفلى والجانبية ولكنها خالية من التغليف في الجدر المواجهة للقشرة والأسطوانة الوعائية ويكون التغليف في اول الأمر على هيئة شريط أو حزام يسمى بشريط كاسبار Casparian strip (شكل ٣١ ب)



(شكل ٣٣) رسم تخطيطى لقطاع في جذر لتوضيح

طريقة دخول الماء من التربة الى اوعيه الخشب

ويبدو أن هذا الشريط يتكون قبل تكون الجدار السليولوزى نفسه بالخلية الأندودرمية ، وجدران الخلية العادية تذوب في حامض الكبرتيك ولكن هذا الشريط لا يذوب فيه ومادتها غير منقذة للماء ولا يوجد في الجدر الحديث طريق لنفاذ الماء الى اوعية الخشب سوى الجدر الداخلية والخارجية للأندودرمس الا انه بتقدم العمر تتغلظ هذه الجدر أيضا ، وبذا يقفل الطريق في وجه الماء الداخل إلى الاسطوانة الوعائية لولا بقاء بعض الخلايا بدون تغليف وتسمى بخلايا المرور passage Cells تلى

طبقة الأندودرمس الاسطوانية الوعائية واولى طبقاتها هونسيج البريسيكل pericycle ويكون أسطوانانه تغلف الأسطوانة الوعائية وسمكه فى الغالب خلية واحدة وخلاياه إما برانشيميه أو اسكلر نشييميه وينفذ الماء بسهولة خلال جدره الى اوعية الخشب . حيث يوجد الخشب فى مجاميع مثلثة ومتبادلة مع مجاميع اللحاء وتلتحم مع بعضها بخلايا برانشيميه حين هى برانشيميه الخشب . وتمتد الأوعية الخشبية فى طول النبات على هيئة صف من الوحدات الوعائية غير الحية ذات جدر ملجننة وليس بينها جدر عرضية وبذا يزول كل عائق يعترض طريق مرور الماء والأملاح فى الوعاء الخشبى ومادة اللجنين لاتمنع نفاذ الماء إلى الداخل .

العوامل التى تعمل على جذب الماء من التربة إلى النبات

١ - قوة تشرب الجدر السليولوزية للخلايا بالماء

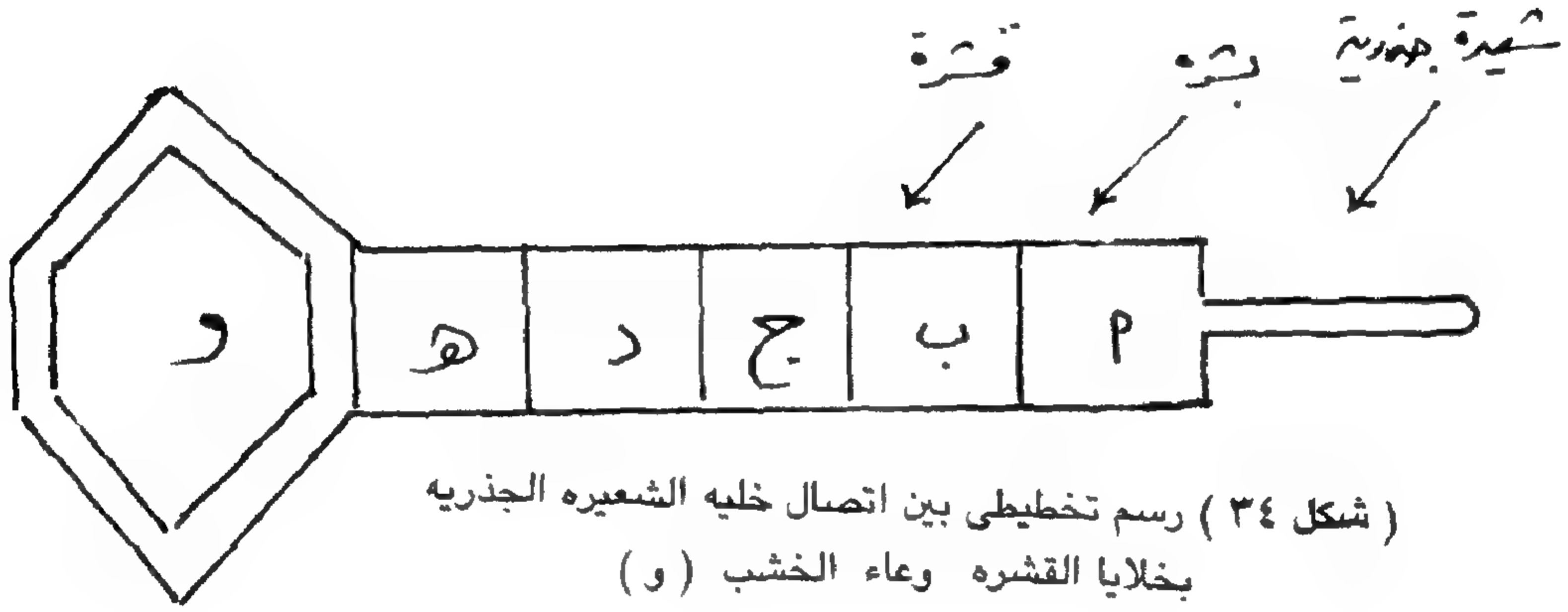
٢ - قوة الامتصاص .

أولاً : قوة تشرب الجدر السليولوزية للخلايا بالماء

خلايا منطقة الامتصاص فى الجدر بما فى ذلك الشعيرات الجذرية ملاصقة لماء التربة ، لذا كانت لديها اكبر فرصة لأن تتشرب جدرها بالماء الى اكبر درجة ممكنه ولما كانت جدر هذه الطبقة (البشره) ملاصقة لجدر اول طبقة من خلايا القشرة فتصبح جدر خلايا اولى طبقات القشرة اكثر تشرباً من جدر ثانى طبقات القشرة فينتقل اليها الماء وهكذا تتولد قوة تجذب الماء الى جدر الخلايا وفى نفس الوقت يكون تركيز ماء التشرب على جدر خلايا البشره قد انخفض فتتشرب بكمية أخرى من ماء التربة وتحدث موجه شد أخرى ، وهكذا تسرى موجات متتابعه يكون نتيجتها مرور تيار من الماء على جدر الخلايا وعندما يصل تيار ماء التشرب الى طبقة الأندودرمس فانه لايمكن ان يتعدها لتغلظها بشريط كاسبار الذى يعوق نفاذ الماء وبذا لايتقدم ماء التشرب اكثر من هذه الخطوة أى ان تأثيره لايتعدى منطقه القشرة وعلى ذلك ينتقل ماء التشرب الى اعلى فى الساق والاوراق لتعويض بعض ماتفقده من ماء فى عملية النتح . كما يلاحظ ان كمية الماء التى تدخل النبات عن هذا الطريق كمية ضئيله بالنسبة لما يدخل بقوة الامتصاص وأن كل الماء الذى يمر من طبقة الاندودرمس الى الداخل يكون تحت السيطره التامة لبروتوبلازم الخلية حتى لاتتاح فرص لفقد الماء الداخلى عن طريق قوة التشرب .

ثانيا قوة الامتصاص

لقد بينا سالفاً ان انتقال الماء من خلية نباتية الى خلية أخرى مجاورة لها يتوقف على قوة الامتصاص وليس على ضغطها الأزموزى وان الماء ينتقل الى الخلية ذات قوة الامتصاص الأكبر ولما كان الضغط الأزموزى لخلايا البشرة (من ٣ - ٥ ضغط جوية) اكبر منه لمحلول التربة (حوالى ضغط جوى واحد) فإن الماء ينتقل من محلول التربة الى فجوة خلية البشرة (أ) فتنتفخ الخلية وتنخفض قوة امتصاصها عن الخلية (ب) وهى اول طبقة من خلايا القشرة فينتقل اليها الماء وتنتفخ (شكل) وتقل قوة امتصاصها عن الخلية (ج) وهى



ثانى طبقات القشرة فينتقل اليها الماء وهكذا ينتقل الماء من خلية الى خلية حتى يصل الى آخر طبقة حية وهى البرانشيمية الخشبية (هـ) (شكل ٣٤) وعندما يصل الماء الى البرانشيمية الخشب يندفع بقوة غير معروف كنهها الى وعاء الخشب (و) .

ويلاحظ انه لكى يتم انتقال (الماء) بالطريقة السابقة فانه لابد أن تصبح الخلايا فى الطريق الذى يسلكه الماء ممتلئة تماماً به . وقد افترض Atkins أن خلايا الجذر خارج الأسطوانة الوعائية بمثابة غشاء بلازمى واحد يفصل بين محلول التربة والمحلول الذى يوجد فى اوعية الخشب ، وان الماء ينتقل عبر هذا الغشاء بقيمة الفرق بين الضغط الأزموزى للمحلولين على جانبي هذا الغشاء كذلك لاحظ Atkins أن الضغط الأزموزى لمحلول الأوعية الخشبية اعلى منه لمحلول التربة كما لاحظ أيضاً ان الضغط الأزموزى لخلايا القشرة اكثر ارتفاعاً الا ان ذلك لا يؤثر فى امتصاص الماء ، لانه سبق ان اوضحنا أن امتصاص الماء لا يعتمد على الضغط الأزموزى للعصير الخلوى ، بل يعتمد على قوة الامتصاص الأزموزية التى تنقص عن الضغط الأزموزى

بمقدار ضغط الجدار ولاشك أن قيمة ضغط الجدار تكون كبيرة وتزداد قيمتها بامتصاص الماء ونظرا لاستمرار امتصاص الماء وانسكاب هذا الماء الممتص في اوعية الخشب فإن هذا يؤدي حتما الى خفض تركيز محلول الوعاء الخشبي لذلك لابد من وجود امدادات متصله من مواد ذات ضغوط ازموزية عالية كالسكر والأحماض العضوية - تصب في وعاء الخشب حتى تحافظ على زيادة الضغط الازموزي لمحلول الوعاء ، هذه الامدادات تأتي من خلايا برانشيمية الخشب المحيطة به خلال جدرها المنفذه والملاصقة لوعيته .

ويعتبر العالم Priestly أن التركيب الخاص بطبقة الاندودرمس والتي سبق شرحها كفيله بالابقاء على تركيز محلول وعاء الخشب عالياً فوجود شريط كاسبار على الجدر القطرية لخلايا طبقة الاندودرمس يجعل منها اسطوانه محكمه تمنع تسرب الذائبات من براشيمه الخشب الى الخارج وتحدد مرور الماء من القشرة الى اوعية الخشب خلال بروتوبلازم خلايا الاندودرمس وذلك لاقتصار النفاذية على الجدر المحيطة فقط .

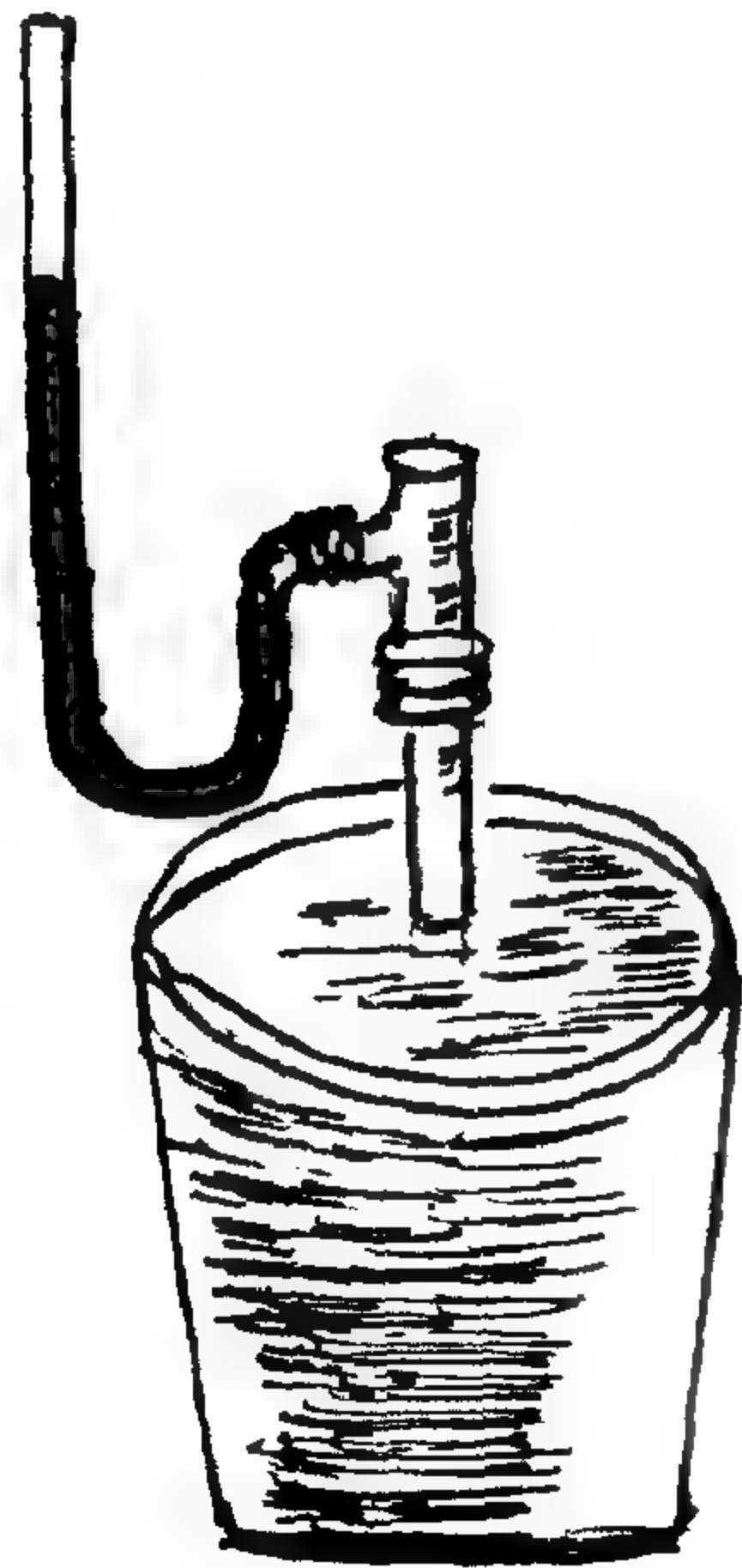
وتوجد عدة تفسيرات مختلفة لامتناس الماء بواسطة الجذور ، فقد يكون الامتناس مباشر اوغير مباشر direct or indirect absorption وقد اقترح Kramer ١٩٤٩ أن امتناس الماء يحدث من قوتين مختلفتين تعمل كل منهما مستقلة عن الاخرى فالنباتات التي تنتج ببطيء والمروية جيدا فامتناس الماء فيها يكون أساسا من القوى الناشئه في الجذور وهو مايعرف بالضغط الجذري Root pressure أو الامتناس المباشر direct absorption اما النباتات التي تنتج الماء بسرعة فامتناس الماء فيها يحدث من القوى الناتجة في المجموع الخصري والتي تنتقل خلال الماء بأوعية الخشب الى الجذر (امتناس غير مباشر) .

ولعل مايؤيد ميكانيكية امتناس الماء تلك التجربة التي اجراها Kramer ١٩٣٢ عند ملئ تجويف اعناق اوراق نبات الباباز بمحلول سكري له ضغط ازموزي يعادل ضغطين جويين ثم غمس هذه الاعناق في الماء المقطر فلاحظ أنتقال الماء خلال خلايا العنق الى الخارج سببا بذلك زيادة حجم المحلول السكري وذلك على الرغم من أن الضغط الازموزي لخلايا عنق الورقة كان أعلى من الضغط الازموزي للمحلول السكري .

ويمكن اثبات التيار المائي الناتج عن الضغط الجذري عمليا إذا قطعنا ساق نبات نام فيلاحظ بعد وقت قليل خروج قطرات من الماء من السطح المقطوع منشؤها قوة الضغط الجذري وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الادماء Bleeding وترى بوضوح عند تقليم العنب .

وعند تثبيت أنبوبة مانومترية بها زئبق تثبتاً محكماً بواسطة انبوبة من المطاط على سطح النبات المقطوع (شكل ٣٥) ورويت التربة فيلاحظ بعد مده ارتفاع الزئبق في ساق المانومتر البعيدة دليلاً على خروج الماء بقوة الضغط الجذري ويمكن استخدام هذه الطريقة في قياس قيمه الضغط الجذري للنبات وهناك ظاهرة أخرى موجودة في النبات تعرف بظاهرة الادماع Guttation وتري في الصباح الباكر على شكل قطرات من الماء على أطراف اوراق بعض النباتات خصوصاً نباتات العائلة النجيلية ونباتات أبو خنجر والقلقاس والكرنب والطماطم وبعض الأشجار وسبب هذه الظاهرة انه اثناء الليل تكون الثغور مغلقة ويدخل الماء من الجذور الى أوعية الخشب في الجذور والساق والاوراق بقوة الضغط الجذري ولايجد الماء الزائد عن حاجة النبات سبيلاً للخروج الا عن طريق فتحات صغيرة موجودة في نهاية الاوعية الخشبية الدقيقة باطراف الاوراق وهذه الفتحات تعرف بالثغور المائي Hydrathodes وتبقى مفتوحة دائماً فيخرج الماء على شكل قطرات متتالية . وتشاهد هذه الظاهرة في الصباح الباكر لليلة دافئة فيساعد الدفء على امتصاص الجذر للماء وهذه القطرات الدمعية ليست ماء نقياً بل هي خليط من الماء ونسبة قليلة من المواد الذائبة كالسكريات والأملاح المعدنية والأحماض الامينية وقد ينشأ عنها رواسب ملحية اذا تبخرت هذه القطرات بسرعة وقد تمتص هذه القطرات مرة أخرى عن طريق الثغور المائية .

والضغط الجذري تختلف قيمته باختلاف فصول السنة ومن المعتقد أن قيمته تبلغ أقصاها في بداية الربيع وقبل تمام تكوين الاوراق الحديثة حيث نقل قيمه النتج وتقل قيمته كلما كبرت الاوراق وزاد معدل نتجها لذلك يعتبر الضغط الجذري من العوامل الهامة فع رفع العصارة .



(شكل ٣٥) تجربة لبيان قوة الضغط المائي

العوامل التي تؤثر على امتصاص الجذور للماء .

١ - درجة حرارة التربة : Soil Temperature

معدل امتصاص النبات للماء يتناسب طرديا مع درجة الحرارة فيزداد معدل الامتصاص بازياد درجة الحرارة ويقل بانخفاضها ويرجع السبب في ذلك الى ان انخفاض درجة الحرارة تعمل على تجمع جزيئات اى مادة وبذا يقل معدل انتقاله من التربة الى النبات كما ان المعامل الحرارى له اثر كبير على عملية امتصاص الماء فإن رفع درجة الحرارة ١٠ درجات مئوية يزيد معدل الامتصاص من ١,٢ الى ١,٣ مرة في حين ان معدل الامتصاص للنبات من الماء يزيد كثيرا عن ذلك لنقص لزوجه لدرجة البروتوبلازم وزيادة نفاذتية للماء بارتفاع درجة الحرارة كما ان زيادة سرعه التنفس بارتفاع درجة الحرارة يوفر قدرا من الطاقة يساعد على زيادة كمية الماء الممتص .

وبالتجربة يمكن اثبات أن خفض درجة الحرارة يقلل من معدل ما يصل الى الجذر من الماء فيذبل النبات وذلك بأن نأتى بأصيص به نبات نام ونضع هذا الأصيص في مخلوط مبرد من الثلج المجروش بحيث يترك المجموع الخضرى للنبات في الجو العادى للغرفة فيلاحظ بعد مده ذبول النبات رغم ان مجموعة الخضرى موجود في درجة الحرارة العادية ويرجع ذبول النبات الى ان انخفاض درجة حرارة التربة في الأصيص سبب قله انتقال الماء الى الجذر بدرجه لا تتساوى مع مايفقد النبات بالنتح . فاذا ماأخرجنا الأصيص من الثلج الى الدرجة العادية فان حالة الذبول تزول تدريجيا هذا مايفسر لنا تساقط اوراق بعض النباتات في الشتاء لعدم تكافؤ مايمتص النبات مع مايفقده لذا يلجأ النبات الى التخلص من اوراقه حتى يوازن بين الفقد والامتصاص اما النباتات دائمة الاخضرار فإن لها من الصفات مايمكنها من الاحتفاظ باوراقها .

٢ - كمية الماء في التربة :

الماء يوجد في التربة على صورتين : الأولى وهى الماء الميسور Available water وهو الماء الذى يمكن أن يمتصه النبات بواسطة مجموعة الجذرى ، والصورة الثانية هى الماء غير الميسور Non - available water وهى كمية الماء التى تتخلف في التربة ولايستطيع النبات ان يمتصها ، ومن المعلوم أن النباتات لاتستطيع ان تمتص كل الماء الموجود في التربة ولذلك فانه يوجد دائما بالتربة بعض الماء والذى يكون في غير متناول النبات لالتصاقه بقوة عالية بحبيبات التربة بحيث يعجز النبات عن امتصاصه والسعه الحقلية Field Capacity هى عبارة عن كمية الماء التى تحتفظ به التربة بعد انتهاء تصريف الماء الزائد الحر بها ويكون الماء المتبقى بالتربة ممسوك بقوه الجذب السطحي على هيئة أغشية محيطه بحبيبات التربة Adsorbed أو متشربا على

الغرويات او بالمسافات الشعرية الموجودة بين حبيبات التربة والسعة الحقلية تتراوح بين ٥ ٪ في الأرض الرملية الى ٤٥ ٪ في الأرض الطينية الثقيلة من وزنها الجاف ويستمر النبات في امتصاص الماء من التربة الى ان يبدأ في الذبول حتى يصل الى مايسمى بنقطة الذبول الدائم permanent wilting point ولايستطيع النبات في هذه الحالة الرجوع لحالته الطبيعية عند وضعه في غرفة رطبه مظلمه والحل الأمثل لاعادة النبات لحالته الطبيعية هي اضافة الماء للتربة وتتراوح نقطة الذبول من ١ ٪ بالأراضي الرملية الى ٢٥ ٪ في الأرض الطينية الثقيلة .

والماء القابل للاستفادة بالتربة هو عبارة عن الفرق بين السعة الحقلية وبين نقطة الذبول الدائم .

٣ - نوع التربة Soil type

من المعروف ان التربة الرملية هي اسخى انواع التربة بمائها للنبات بالرغم من ان سعتها الحقلية قليلة إذا قورنت بانواع الاراضى الاخرى وذلك لان الاراضى الرملية تحتفظ بالماء على صورة ماء شعري فقط بقوة الخاصة الشعرية وهي قوة ليست كبيره وعلى ذلك لايصعب على النبات انتزاع الماء منها .

أما الاراضى الطينية فانه نظرا لدقه حبيباتها فانها تحتفظ بالماء على صورتين الاولى وهي الماء الشعري والثانية وهي الماء الذى يغلف الحبيبات بقوة التجمع السطحي وواضح ان القوة الاخيرة كبيرة وتقدر بعده ضغوط جوية ولايسهل على النبات الاستفادة منها وعلى ذلك فالاراضى الطينية اقل سخاء بمائها من الاراضى الرملية اى ان النباتات تذبل في الاراضى الطينية وبها كمية من الماء اكثر من الموجودة في الاراضى الرملية عند ذبول نباتاتها .

أما الاراضى الطينية المحتوية على المواد العضوية ، فنظراً لدقه حبيباتها واحتوائها على المواد العضوية التى تتحلل في التربة الى مواد غروية فانها تحتفظ بالماء على ثلاثة صور : الاولى وهي الماء الشعري كما في الاراضى الرملية والطينية ، والثانية وهي الماء المغلف للحبيبات كما في الاراضى الطينية والثالثة وهي ماء التشرب الذى تتشرب به الدقائق الغروية العضوية اى انها اكثر انواع التربة احتفاظا بالماء وتذبل نباتاتها ومازالت بها كمية من الماء تفوق الموجودة منه في الاراضى الرملية والطينية عند ذبول نباتاتها .

وعلى ذلك فنوع التربة هو العامل المحدد لعامل الذبول ويساوى

نسبه الماء عند الذبول

(—————)

وزن التربة الجاف

وليس نوع النبات نفسه وان اختلف الوقت اللازم للذبول :

ومعرفة الماء الذى يسهل على النبات تناولة أو امتصاصه اهم فى الواقع كثيرا من معرفة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء فقد ثبت علميا لكثير من النباتات انه اذا كانت التربة تحتوى على نسبة رطوبة اعلى من نقطة الذبول الدائم فأن ذلك سيكون مناسباً لنمو النباتات حيث انه لا توجد نسبة رطوبة مثلى لنمو النبات اى محتوى مائى تنمو عنده النباتات بدرجة أفضل . فمثلا اذا كانت تربه زراعية سعتها الحقلية ٣٥ ٪ ومعامل ذبولها ١٧ ٪ فإن النباتات النامية بها ستنمو بنفس الكفاءة عند نسبة رطوبة ١٨ ٪ / ١٩ ٪ / ٢٠ ٪ او اى نسبة أخرى حتى نسبة ٣٥ ٪ وبعد رى التربة او سقوط الامطار وبعد صرف المياه مباشرة فإن التربة تصبح ولعمق معين (يتوقف على نوعية التربة) عند سعتها الحقلية من الرطوبة صالحة لامتصاص الجذور للماء بمجرد ان تصبح التربة بها درجة رطوبه أقل من هذه السعه الحقلية وتستمر جذور النبات فى امتصاص الماء الى ان تصل نسبة رطوبه التربة الى نقطة الذبول الدائم .

٤ - درجة تركيز محلول التربة Solute concentration of Soil Solution

تقل قدرة امتصاص المجموع الجذرى للماء كلما زاد تركيز محلول التربة وعندما تتعادل قيمة الضغط الأزموزى لمحلول التربة مع الضغط الأزموزى لخلية الشعيره الجذرية فان امتصاص الجذر للماء يقف تماماً اما اذا زاد تركيز محلول التربة زيادة ملحوظة فإن الخلايا تبدأ فى فقد الماء كما يلاحظ ذلك فى الاراضى الملحية او عند زياده اضافة الأسمدة او الرى بماء ملهى وفى هذه الحالات فان الجذور تتوقف عن النمو وعن اختراق طبقات جديدة من التربة وقد وجد Magisted Reitemier عام ١٩٤٣ أن ضغط أزموزى للتربة قدره ٢ ض جـ يقلل النمو وأن ضغط أزموزى قدره ٤ ض حـ يسبب ضرر لمعظم النباتات .

٥ - درجة التهوية فى التربة : Aeration of the Soil

لابد من وجود الأكسجين حول المجموع الجذرى لعملية امتصاص الجذر للماء واذا أستبدل الأكسجين بأحد الغازات الأخرى كالنتروجين او الأيدروجين فإن النباتات سرعان ماتذبّل نظرا لعجز جذورها عن امتصاص الماء تحت الظروف اللاأكسجين وعلى ذلك يزداد معدل امتصاص الجذور للماء بازدياد التهوية بالتربة والعكس صحيح بالنسبة لغالبية النباتات وهذا يفسر لنا عدم أستطاعه النباتات النمو فى الاراضى الغدقه او رديئة الصرف او ذات المستوى المائى المرتفع ومما هو جدير بالملاحظة ان الضرر ينشأ لمثل هذه النباتات ليس راجعا الى كثرة وجود الماء كما هو شائع ولكن الضرر ينتج عدم توفر الاكسجين حول المجموع الجذرى بدليل نجاح زراعة النباتات فى المزارع المائية الصناعية اذا أحسن تهويتها بدفع تيارات مستمرة من الهواء فيها بين حين وآخر .

وأهمية توفر الأكسجين في التربة ترجع الى وقف عملية التنفس اللاهوائى في الجذر وتوفير الطاقة اللازمة للأمتصاص من عملية التنفس الهوائى ولتهوية التربة فائدة أخرى وهى تنشيط عمل بعض انواع من البكتريا المفيدة في التربة فتحدث عمليات الأكسدة التى يستفيد منها النبات ، بينما في حالة عدم توفر الأكسجين فان عملية التخمر Fermentation تحصل محل الأكسدة وتتراكم منتجاتها السامة في التربة وتؤثر على عملية أمتصاص الجذر للماء .

وتختلف الأنواع النباتية فيما بينها اختلافاً كبيراً بالنسبة لمقدرتها على النمو في تربة مشبعة بالماء وقليلة التهوية ويرجع اختلاف تحمل الأنواع النباتية المختلفة الى غمر الارض بالماء الى كل من الاختلافات المورفولوجية والفسيولوجية فالجذور النامية في تربة قليلة التهوية تحتوى على مسافات بينية كبيرة وغرف هوائية air passages عن الجذور النامية في تربة حسنة التهوية .

وتنقسم النباتات حسب درجة احتياجاتها للماء الى عدة مجاميع حيث يعتبر توفر الماء اللازم للنباتات من أهم العوامل المحددة لنموها في بعض الأحيان وهناك ثلاث اقسام رئيسية من النباتات حسب درجة احتياجاتها للماء :

- ١ - نباتات صحراوية Hyrophytes وهى النباتات التى تستطيع الاستمرار في النمو في مناطق شديدة الجفاف وهى ذات تركيبات مورفولوجية تحدد جداً من النتح .
- ٢ - نباتات مائية Hydrophytes وهى النباتات التى تعيش في مناطق رطبة جداً او في الماء .

نباتات متوسطة Mesophytes وهى النباتات التى تنشط في النمو في البيئات ذات الرطوبة المتوسطة .

صعود العصارة The Ascent of sap

يتحرك الماء الى أعلى داخل النبات عن طريق امتصاصه بواسطة الجذور ثم ينتقل الى السيقان ثم الى الورقة وفيها يخرج على هيئة بخار ماء الى الجو المحيط ويعتبر رفع العصارة من الجذر الى قمم الأشجار المرتفعة من التساؤلات المحيرة خاصة القوى التى تساعد في رفع الماء حيث انه عند تقدير القوة اللازمة او الضغط اللازم لرفع الماء خلال اوعية الخشب وجد انه يلزم بذل قوة تعادل ٢٠ ص جـ (حوالى ٣٠٠ رطل على البوصة المربعة) لرفع عمود الماء خلال اوعية الخشب الى ارتفاع ٣٥٠ قدم وهذا التقدير يأخذ في الاعتبار مدى مقاومة أنسجة الخشب لحركة الماء ، وكذلك وزن هذا العمود من الماء وحتى الان لا يوجد رأى واحد بين دارسى علوم فسيولوجيا النبات يفسر

هذا الظاهرة رغم ظهور العديد من النظريات لتفسير ذلك مثل النظرية الحيوية Vital theory والتي ثبت عدم صحتها لأنها كانت تعتبر أن صعود الماء ماهو النتيجة الطاقة المبذولة من الخلايا النشطة الحية بعد أن أتضح أن الأفرع المقطوعة عند وضعها في الماء تظل تقدم بعملية الأمتصاص رغم معاملة هذه الأفرع بمواد سامة مختلفة وذلك لأن النسيج المسئول عن نقل الماء (أوعية الخشب) هي خلايا ميتة أصلا في النباتات النامية وقد نادت بعض النظريات على أن الجذر نفسه يقوم بضخ الماء الى أعلى النبات عن طريق بذل طاقة ناتجة من هدم المركبات العضوية وأيضا عن طريق قوى الأمتصاص الأزموزية ولم تثبت أيضا صحة هذه هذه النظرية لعدد من الأسباب أهمها أن كمية الماء الممتصة بهذه الطريقة لاتوازي كمية الماء التي يفقدها النبات مع وجود بعض انواع من النباتات التي لاتقوم جذورها بهذه الظاهرة . وعموما يمكن القول أن أكثر التفسيرات فاعلية في صعود العصارة الى أعلى النبات يمكن تلخيصها في نظريتين تعملان جنبا الى جنب وهما نظرية جذب النتح Water Cohesion Theory لأعمدة الماء بإوعية الخشب والثانية نظرية قوة تماسك جزئيات الماء .

(١) جذب النتح - Transpiration - pull

ويرجع جذب النتح لاعمدة الى عاملين اساسية :

١ - تبخير الماء Water Evaporation

عند تبخر جزئيات الماء من جدر خلايا أنسجة الأوراق أثناء النتح تتولد بعض القوى تعمل على تحرك اعمدة الماء خلال النبات فعند تبخر الماء من جدر هذه الخلايا الى الفراغات البينية وحجر الثغور الموجودة بأوراقه تبدأ هذه الجدر في الجفاف النسبي .

٢ - التشرب Imbibition

تفقد جدر خلايا الورقة الماء وتجف نسبيا ثم تبدأ في تشرب الماء من محتويات الخلية او من جدر أخرى مجاورة لها وذات محتوى مائى أعلى وقوى التشرب او قوى جذب حبيبات الماء للأنسجة النباتية ذات معدلات عالية جداً ، اذ تصل قوى تشرب البدور الجافة للماء حوالى ١٠٠٠ ض جـ لذلك فانه أثناء عملية النتح يقل تدريجيا ضغط انتشار الماء من جدر الخلايا بسبب قوى التشرب بين الماء وهذه الجدر ذات الجفاف النسبي - بذلك يبدأ تحرك الماء من بروتوبلاست الخلية الى جدر هذه الخلايا ويختل توازن الماء بالخلية وهذا الاختلال يصل من خلية الى أخرى نتيجة لسحب الماء من الخلايا المجاورة ويتم هذا عن طريق جدر ومحتويات الخلايا معاً وبذلك تبدأ جزئيات

الماء في الحركة من اوعية الخشب الى الخلايا المجاورة بقوة شد توازى قوى التشرب التى نشأت في جدر خلايا الورقة .

(ب) أستمرار وتماسك أعمدة الماء Water Continuity and Cohesion

أعمدة الماء تتصل بأوعية الخشب من الورقة الى الجذر ويستمر هذا الاتصال طول حياة النبات بمعنى آخر ان اعمدة الماء تنمو بنمو النبات ولكن خلايا الجدر الحية واوعية الخشب نفسها والخلايا الحية بالورقة تعمل على اعاقه ومقاومة حركة الماء داخل النبات هذه المقاومة بالاضافة الى قوى الجاذبية الارضية تعملان جنبا الى جنب في مقاومه صعود الماء للنبات .

وتتغلب القوى الناتجة بالورقة على هذه المقاومة لصعود الماء لها ويجب ان نعرف مدى قوة تماسك هذه الأعمدة المائية المتعرضة لقوتين متضادتين أحدهما يعمل على جذب عامود الماء الى أسفل في حين ان الاخرى تعمل على جذب عمود الماء الى اعلى رغم انه من المعلوم ان هذه الأعمدة المائية تظل متماسكة .

وفي الحقيقة ان هذه الأعمدة المائية تستطيع ان تقاوم قوة شد تصل الى ٢٠٠ ض ج بدون تتفكك وذلك يرجع الى سببين رئيسين هما قوة ترابط حبيبات الماء Cohesion وقوة تلاصق Adhesion حبيبات الماء لجدر خلايا اوعية الخشب وهاتين القوتين تعملان معاً على الحفاظ على استمرار وتماسك الأعمدة المائية بالنبات وعدم تفككها لذلك يرتفع الماء بالقوة المتولدة من تبخر الماء من جدر خلايا الورقة وتولد قوى التشرب بهذه الجدر .

الساق The Stem

الساق هي الجزء من النبات الذي يحمل الاوراق والأعضاء التكاثرية ويكون عادة هوائيا ، ينمو متجها الى اعلى . كما يعمل الساق على نقل وتوصيل الغذاء الغير مجهز من الجذور الى الاوراق والبراعم والازهار والثمار .. وتوصيل الغذاء العضوي المجهز من الاوراق الى باقى اجزاء النبات .

وتتميز السيقان الى عقد Nodes . وسلاميات Internodes والاولى هي اماكن اتصال الاوراق بالساق - تنمو البراعم على الساق من مكانين اما من أباط الاوراق وتعرف بالبراعم الابطيه Axillary buds او من موضع طرفى فى نهاية الساق او الفرع وتعرف بالبراعم الطرفية — Terminal buds

انواع السوق Types of Stems

اولا : سوق هوائيه

١ - سوق عشبية :

واشكالها : -

- | | |
|------------------|---------------|
| ١ - قائمة | ٢ - منبسطة |
| ٣ - جارية | ٤ - متسلقة |
| ٥ - قصيره، قزمية | ٦ - المتضاعفه |

وتحوراتها

- | | |
|------------|------------------|
| ١ - متورقه | ٢ - محلاقية |
| ٣ - شوكية | ٤ - مخزنه |
| ٥ - زهرية | ٦ - حمايه النبات |

ب - سوق خشبية

ثانيا : سوق ارضيه

اشكالها وتحوراتها

- | | |
|---------------------|--------------|
| ١ - الريزومات | ٢ - الدرناات |
| ٢ - الكورمات | ٤ - الابصال |
| ٥ - الجذور الطفيليه | |

أولا : السوق الهوائية Aerial Stems

الساق الهوائية هي الساق التي تنمو فوق سطح الأرض في اتجاه الضوء .

أ - السوق العشبية :-

وهي ساق غضة خضراء اللون . لا يحدث فيها عادة زيادة في السمك فانسجتها ابتدائية . محاطة ببشرة من الخارج . وقد يكون ملساء Glabrous (فول) او مغطاة بشعيرات Haivs (عباد الشمس، البطاطا) او اشواك Prickles (ورد) او بطبقة شمعية Wax (ذرة) او سميكة (قصب السكر)

وتظهر في القطاع العرضي بأشكال متعددة فهي اسطوانية Cylindrical جوفاء (قمع - ارز - برسيم) . او مسطحة (ذرة . قصب السكر) - مضلعه Anguler - ثلاثية (السعد) او رباعية (فول) ، خماسية (اللوف) ، منبسطة (سفندر)

(ب) سوق خشبية Woody

وتمتاز هذه السوق بأنها صلبة تزداد بوضوح في السمك وتصبح غير خضراء بتقدمها في العمر . وتنسب الى النباتات المعمرة . والنباتات التي لها مثل هذه السوق قد تكون أشجارا Tress اذا كانت كبيرة الحجم وتوجد بقاعدتها ساق رئيسية واحدة تعرف بالجدع Trunk أو تكون شجيرات Shrubs أن كانت أصغر من السابقة ويوجد عند قاعدتها عدة سوق متساوية تقريبا في السمك وقد تكون تلك النباتات مستديمة الخضرة Evergreen كالمانجو والكافور أو متساقطة الأوراق Deciduous كالتفاح والخوخ والبوانسيانا والكاسيانيدوزا .

اشكال السوق

١ - القائم Erect Stem

وهي الساق القائم التي تنمو الى اعلى في اتجاه الضوء وقد يحدث فيها تفريع اولاً يحدث

٢ - الساق المنبطحه او الزاحفه Prostrate or creeping stem

وهي لاتحتوى على النمو الرأسى قد تزحف على ارض كالبطيخ والخيار . تفرعها عادة صادق المحور

٣ - الساق الجارية "stolon" Runner

تنمو موازيه لسطح الارض او الماء لعدم قدرتها على النمو الرأسى .
تفرعها كاذب المحور عادة تخرج عليها جذور عرضية ومن امثلتها المعروفه
الفراوله .

لاحظ الساق الاسطوانيه الرفيعه والتي تحمل على عقدها اوراق مختزله عبارة عن زوج
من الاذنات بينهما جملة شعيرات قصيرة ومن النباتات المائيه : ياسنت الماء
Eichhornia وخس الماء Pistia

٤ - الساق المتسلقة Climbing Stem

وهى ساق لاتقوى على النمو الرأسى بمفردها ولكن يمكن لها ان تتسلق على غيرها
من النباتات او الدعامات ولذلك عدة وسائل :-

١ - الالتفاف Twining

وفى هذه الحاله تلتف الساق على ساق نبات آخر او دعامه بطريقة حلزونية حيث
تأخذ قمه ساق النبات الملتفه وضعا مائلا او افقيا وتتم اللفه الكامله فى حوالى ٢ - ٢٤
ساعه ويختلف نظام الالتفاف ففى بعض النباتات يكون الالتفاف مع عقارب الساعه
مثل العليق واللبلاب والفاصوليا والاسبرجس . وقد يكون العكس اى فى الاتجاه ضد
عقارب الساعه او يكون فى كلا الاتجاهين مثل Solanum dulcamere والنباتات
الملتفه ان لم تجد ماتتسلق عليه زحفت على الارض وقد تفقد القدره على التسلق نتيجة
لعمليات الانتخاب والتربية كما حدث فى البطاطا .

ب - المحاليق Tendrils

قد تتحور بعض السوق او الاوراق وتكون مايعرف بالمحلاق وقد يكون متفرع او غير
متفرع - اطراف هذه المحاليق حساسه وعند ملامستها للدعامه او عند حدوث احتكاك
يزداد نمو الجانب الغير ملامس للدعامه فينتج عن ذلك الالتفاف ومن أمثلتها مايوجد
فى العنب والوف وبسله الزهور

ح - الاشواك Thorns or Prickles

الاشواك نوعان اما ان تكون زوائد عديده الخلايا متصلبه وتعرف باسم Prickles
والمثال لذلك مايشاهد فى الورد اما النوع الثانى فهى افرع ابطيه متحورة تسمى
Thorns وتشاهد فى نبات الجهنيه Boygainvillaea

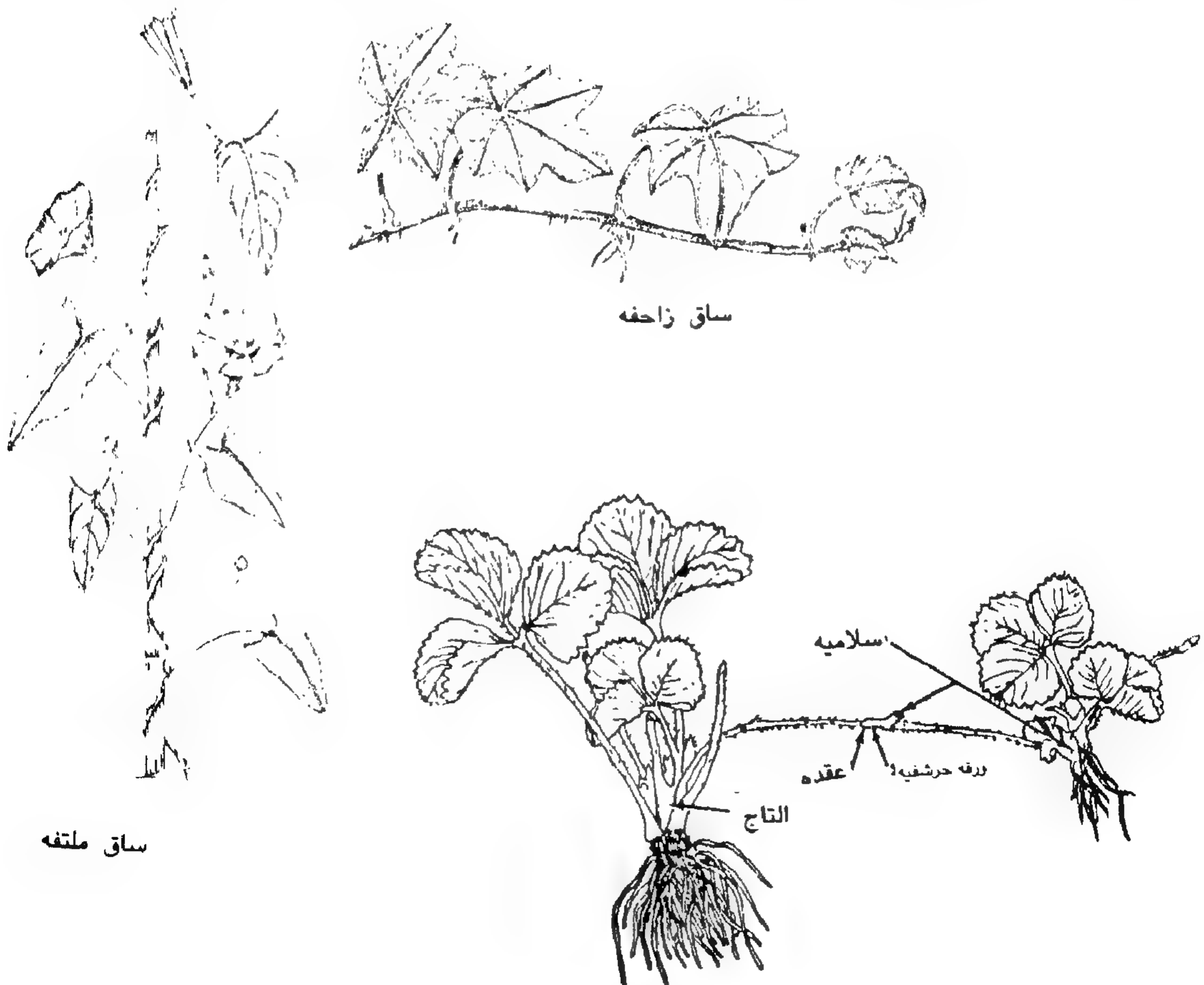
٥ - الساق القصيرة والقزمية Short and Dwarf Stems

الساق القصيرة والقزمية هي سيقان تقاربت عقدها وقصرت سلمياتها وتختلف القصيرة عن القزمية بان قمه الاولى لها القدرة على الاستطاله . كالسوق القصيرة ذات الاوراق المتوردة في الجذر والبنجر والتي تشاهد في العام الاول من النمو ثم لاتلبث ان تستطيل في العام الثانى

اما الساق القزمية Dwarf فليس لها القدرة على الاستطالة كما يشاهد في التراكيب المعرفه بأسم الدواير الورقية في نبات الصنوبر .

٦ - الساق المتضاعفه Fasciated Stem

يشاهد هذا التضاعف في نبات الخس ويحل محل الساق تركيب شريطي الشكل
بعرض عدة بوصات .



تحويلات السوق الهوائية Modifications of Aerial Stems

١ - السوق المتورقة Cladophylls

تتحور ساق بعض النباتات لتقوم بوظيفة الاوراق في عملية البناء الضوئي وذلك لتحور الاوراق الى اشكال اخرى لاتسمح بتأدية وظيفتها الاساسيه .. ومن الامثله المعروفه مايشاهد في نبات التين الشوكى *Opuntia* والذي تتفلطح فيه جميع الافرع الخضرية وتصبح ذات شكل ورقى وهى تلك الاقراص الكبيرة وكذلك تشاهد هذه الحاله من النمو في اشجار الكازورينا *Casuarina* وسوق نبات المهلبنكيا *muchlenbeckia* ففى ساق الكازورينا تصبح السوق انبوبة الشكل رفيعة خضراء وفى المهلبنكيا تظهر الساق على شكل شريط ورقى مقسم يحمل عقد عليها اوراق مؤقتة في الربيع ونورات في الخريف .

وبنات السنفدر *Ruseus* تخرج سوقه المتورقه مشابيه للاوراق العاديه من اباط اوراق حرشفيه .

والامر مختلف في نبات الهليون *Asparagus officinalis* حيث ان الساق المتورقه لاتحتوى الا على سلامية واحدة وتعرف هذه الحاله بأسم *Cladode*

٢ - السوق المحلاقية Stem Tendrils

تخرج السوق المحلاقية غالبا من اباط الاوراق كما في نبات الباسيفلورا *Passiflora* او يخرج من نمو برعم طرفى .

٣ - السوق الشوكية Stem Thorns

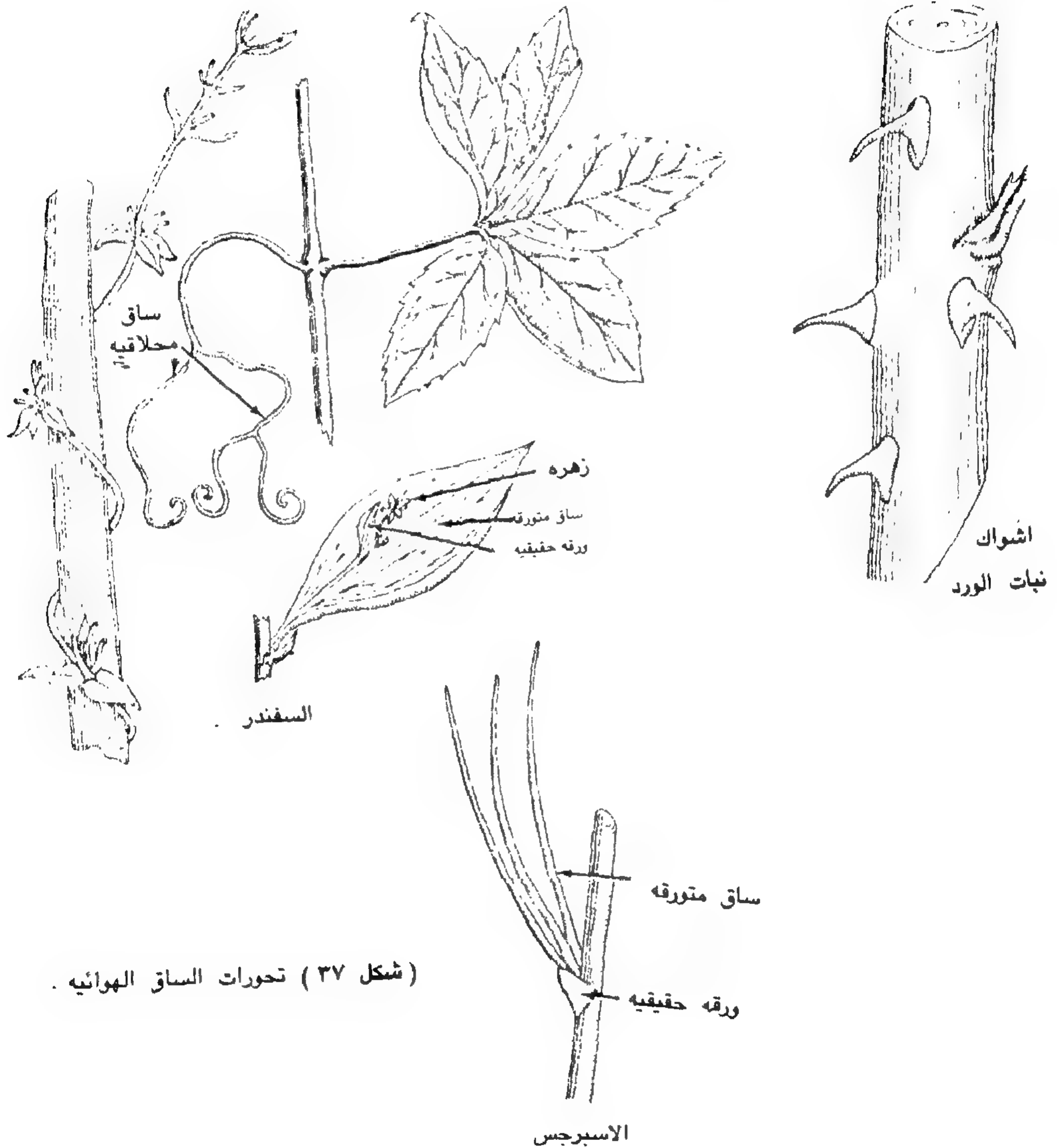
تتحور بعض سوق النباتات الى اشواك بتصلب قممتها النامية وذلك لتقليل النتج وحمايتها بالاضافة الى المساعدة على التسلق حتى تتمكن من الوصول الى ضوء الشمس ومن النباتات التى تحورت فيها السوق الى اشواك العاقول *Alhagi* ، زلا *Zilla* ، الجهنمية

٤ - السوق المخزنه Storage stems

تقوم هذه السوق بعملية تخزين الماء وبعض المواد الغذائية فتبدو عصاريه تغطيها طبقه سميكة من الكيوتين لمقاومة الجفاف ومن امثلتها التين الشوكى والصبار جنس *Cactus*

٥ - الزهرة Flower

قد تتقارب العقد وتقصر السلاميات ويتضخم هذا الجزء من الساق وتحمل وحدات متخصصة . ويسمى هذا المنتفخ تختا Receptacle وتمتاز الزهرة بعدم وجود براعم في أباط الاعضاء الزهرية



(شكل ٣٧) تحورات الساق الهوائية .

ثانيا : - السوق الارضية : - Subterranean stems

وهى السوق الموجودة تحت سطح التربة ووظيفتها الاساسيه التعمير Perennation ، كما انها تقوم بدور رئيس في التكاثر الخضرى Vegetative Reproduction ، بالاضافه الى ذلك فقد تقوم بتخزين للمواد الغذائية للمساعدة على القيام بوظائفها .

اشكال السوق الارضية Forms of Subterranean Stems

١ - الريزومات Rhizomes

الريزومات ساق ارضيه تنمو افقيا تحت سطح التربة - مقسمه الى عقد وسلاميات وهى غالبا كاذبه المحور Sympodial حيث ينمو البرعم الطرفى الى اعلى مكونا فرعا هوائيا وينمو البرعم الابطى افقيا لاستكمال النمو اما فى حالة التريديات فان التفرع يكون صادق المحور حيث يستمر البرعم الطرفى فى النمو اسفل سطح التربة ولا يظهر فوق السطح الا الاوراق الخضراء وتسمى فروندات Fronds والريزومات اداه للتعمير فى المواسم الغير ملائمه حيث يزول المجموع الخضرى من فوق سطح التربة وتبقى الريزومات حيه اسفل السطح لتجدد دورة الحياه بحلول المواسم الحديده .

والريزوم يختلف فى سرعه النمو من بنات الى آخر فنجدده سريع النمو اسطوانى الشكل صلب فى النجيل وقصب الرمال واما فى النعناع *Mentha spp.* والفليه فنجدده سريع النمو ومتشحم نسبيا

ويختلف الوضع فى اليرس *Iris* والكنا *Canna* والغاب *Bambusa* والبردى *Cyperus* فنجدده بطيء النمو متشحم سميك سمبل يقوم بالتخزين ويسمى ريزوم متدرن Tuberous

وقد تنمو الريزومات راسيا تحت سطح التربة ويتكون عليها جذور شادة

٢ - الدرناات Twbers

قد تتضخم نهايه الريزوم الارض وتكون جزء نباتى يقوم بأختزان الغذاء يعرف بأسم الدرنه وتظهر عليها فى بعض الحالات العقد والسلاميات بشكل واضح كما فى نبات حب العزيز *Cyperus esculentus* وفى درناات البطاطس لا تظهر لا تظهر العقد والسلاميات ولكن يمكن مشاهده العين Eye وهو انخفاض صغير يحتوى على مجموعه لن البراعم . والقمه المورفولوجية للدرنه هى نهايه محور الساق الارض وتحتوى على

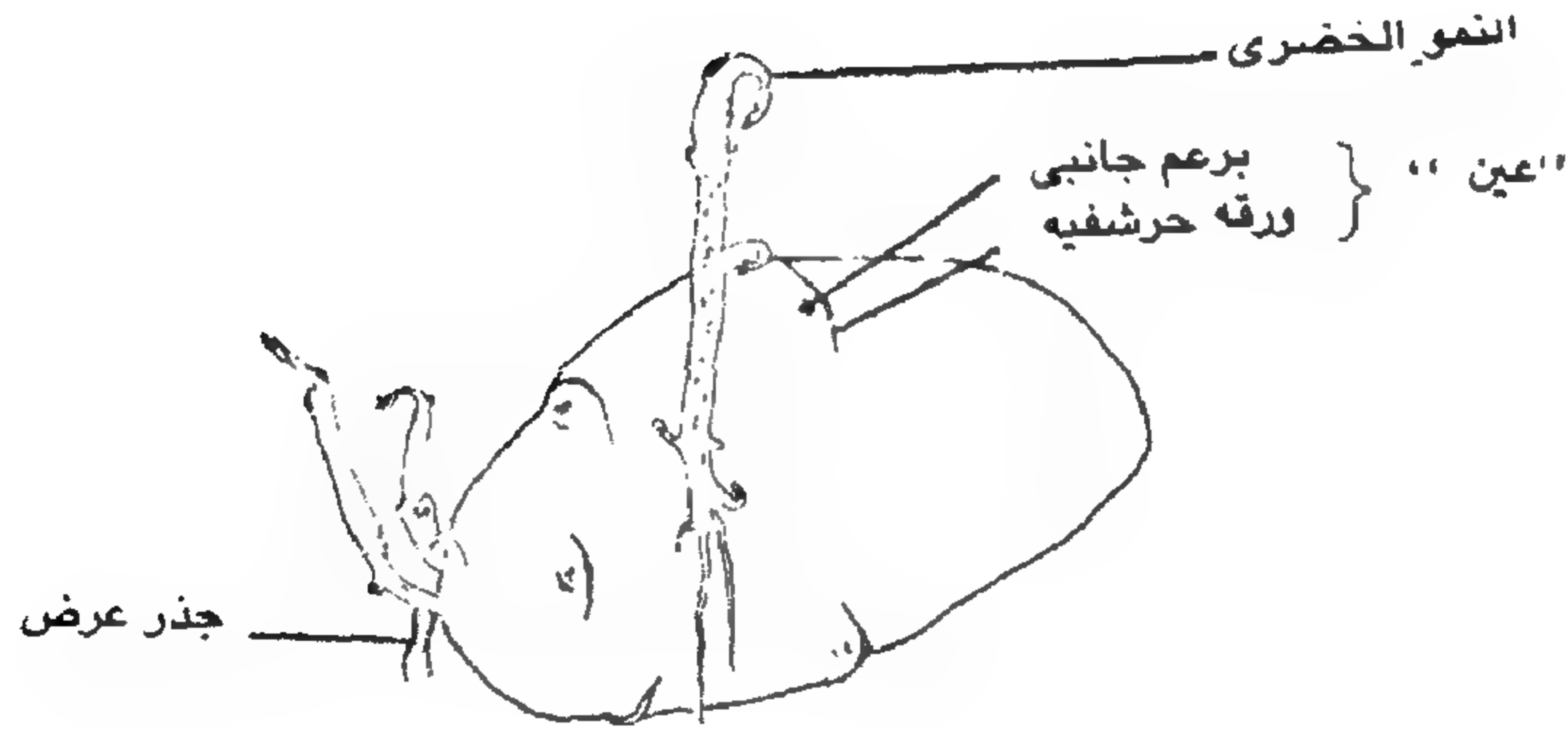
البرعم الطرفى . اما الجبهه المقابله لذلك فهى منطقه اتصال الدرنة بالريزوم وتوجد ايضا درنات فى بنات الطرطوفه *Heliathus tuberosus*

ويختلف هذا النبات عن البطاطس باحتوائه على نسبة عاليه من مركب كربوايدرات معقد ذائب فى العصير الخلوى يسمى الانيولين *Inulin* اما البطاطس تمتاز بأحتوائها على النشا .

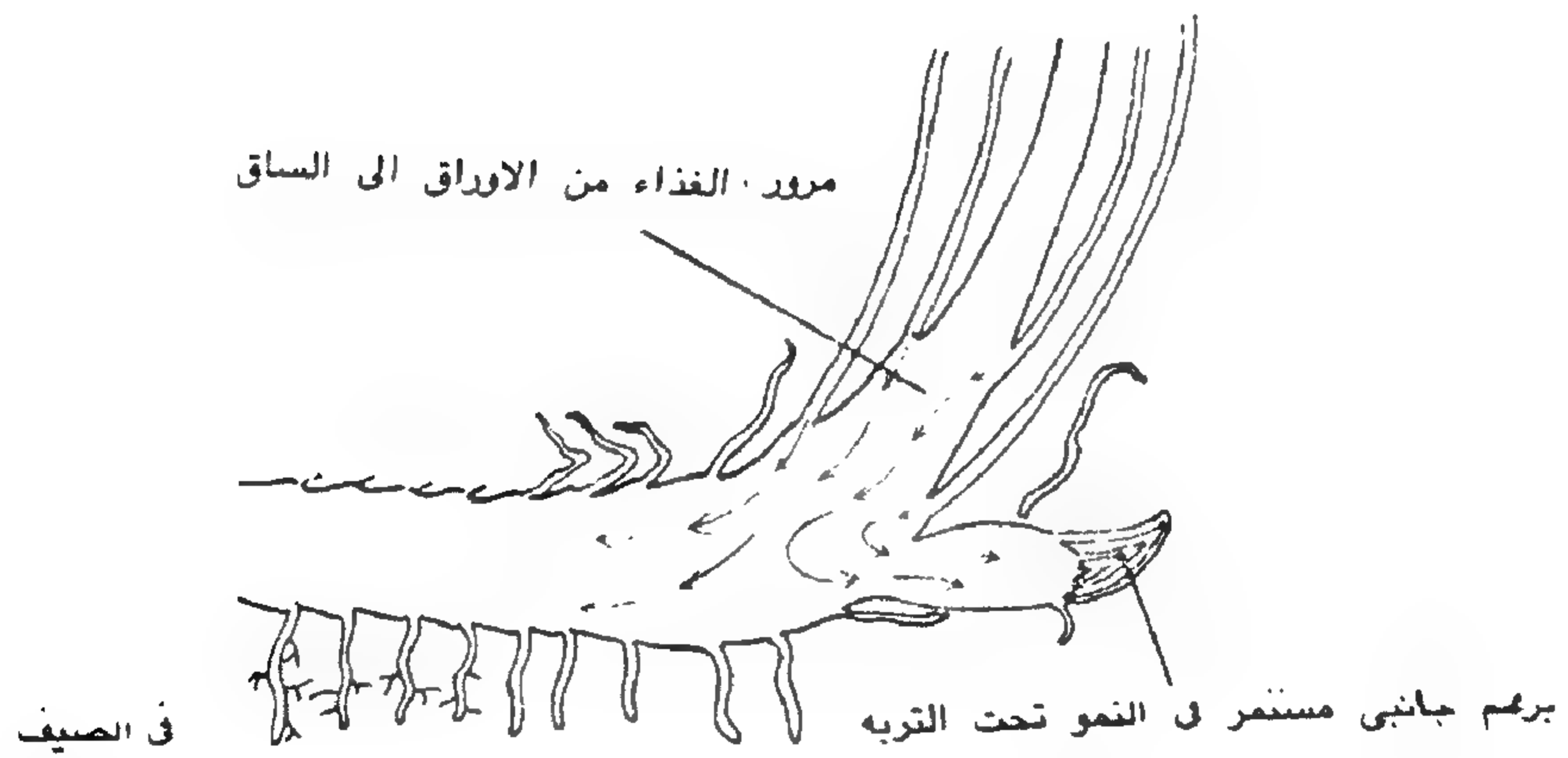
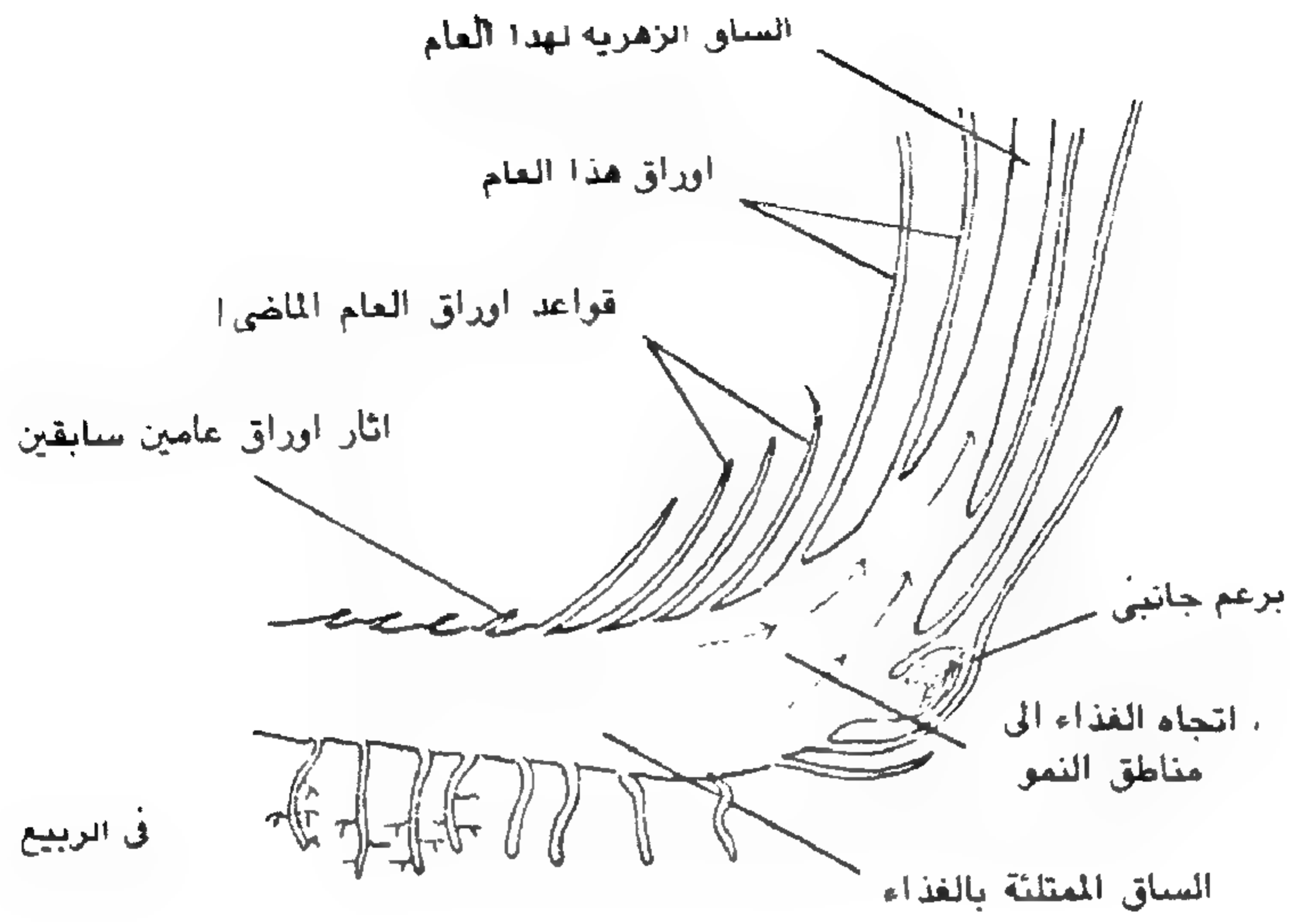
كما توجد الدرنات فى نبات السعد *Cyperas rotundus* وهو من الحشائش المنشرة .

وتستخدم الدرنات فى التكاثر كما يحدث فى البطاطس وتتوقف طريقه تكوين الدرنة على طريقه الاكثار .. فعند الزراعه بالبذره . تنمو البراعم الابطيه فى اباط الاوراق الفلقيه مكونه ريزوم تنتفخ نهايته مكونا درنه .

اما فى حاله الاكثار بالدرنات فان احد البراعم ينمو مكونا ساقا هوائيه تتفتح على هذه الساق من الجزء القاعدى البراعم الجانبيه مكونه ريزومات تنتهى بالدرنات كما تخرج على قاعدة الساق الهوائية جذوراً عرضيه .



(شكل ٣٨) السوق الارضيه



٣ - الكورمات Corms

الكورمه ساق ارضيه متضخمه ومتشحمه ومتقاربه في سلامياتها توجد على العقد الواضحه قواعد اوراق خوصيه سابقه تحمى الكورمه وتسمى الاوراق الحرشفيه كما يوجد في قمته البرعم الطرفى ويحوط به قواعد الاوراق المتشحمه والامثله على الكورمات في نبات القلقاس *Colocasia antiquorum* والانثوليزا *Antholyza* والزعفران *crocus* واللحلاح *colchicum* والجلاديولس *Gladiolus*

تظهر الكورمات الجديدة وذلك بعد التزهير بتخزين الغذاء اسفل الفرع الزهرى في احد البراعم الابطيه الموجودة على الكورمه فيؤدى ذلك الى تكوين كورمه جديده او اكثر كذلك تتكون جذورا شاده *contractile* تعمل على خفض مستوى الكورمه الحديثه الى مكان الكورمه الاخرى بعد تحللها وتعفنها كما تخرج جذور عرضيه ويختلف الامر بالنسبه للقلقاس والذى يستخدم للغذاء الآدمى وذلك لجمع الكورمات باستمرار وعدم تركها في التربه حيث يتم اكثارها اما بتقسيمها او بأستخدام البراعم بعد نموها والمسماه بالفكوك او الأزرار

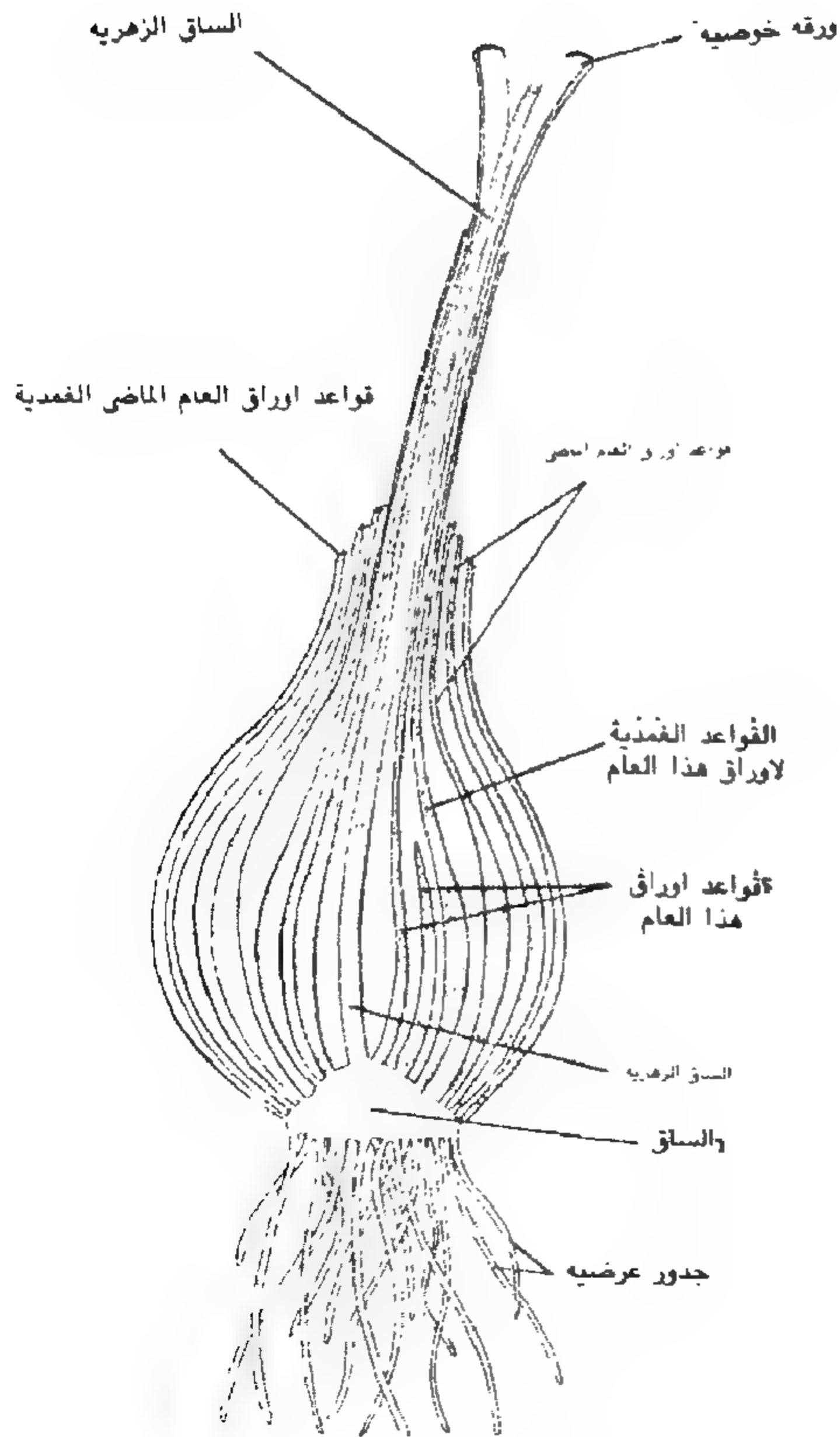
٤ - الابصال Bulbs

تتكون الابصال من ساق قرصيه منضغطه تخرج الجذور العرضيه من اسفلها يوجد في منتصفها العلوى البرعم الطرفى للساق تحيط به قواعد الاوراق المتشحمه وكذلك توجد في أباط الاوراق البراعم الابطيه وقد تغلف قواعد الاوراق المتشحمه بحراشيف ورقيه رقيقه جافه وجلديه *Tuhicated bulb* لحمايتها كما في البصل *Alliumcepa* والتيليب *Tulipa* والنرجس *Narcissus* وقد لاتغلف بمثل هذه الحراشيف ولكن تغطى بعدد اكبر من الحراشيف عصاريه غصه *Scales* يخزن فيها الغذاء ويمكن استعمالها في التكاثر (عقله ورقيه) كما يحدث في نبات الليليم *Lilium* Spp. كما يمكن استخراج البصله باكملها في الاكثار كما في حاله البصل العادى والابصال عادة لاتنتج الاعضاء الزهرية قبل مرور سنتين من بدء تكوين البصله حيث تستغل المواد الغذائيه المخزنه في البصله في نمو البرعم الزهرى وانتاج الاعضاء الزهرية شكل .

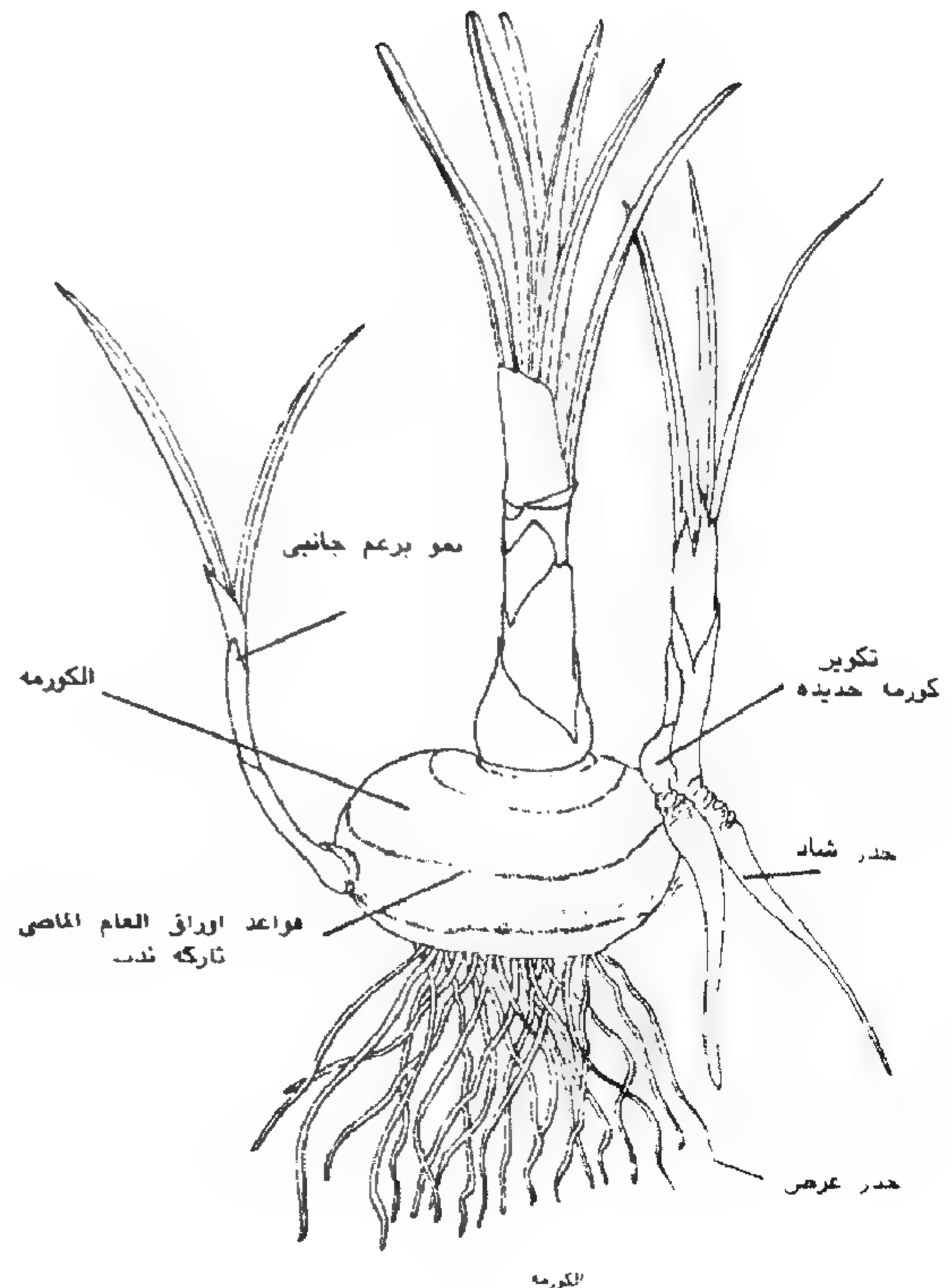
والثوم *Garlic* يتكون من عدة بصيلات صغيره كل واحده منها تعرف بأسم الفص *Clovy* ويتركب من ساق قرصيه يوجد عليها ٨ - ١٠ اوراق تتحور الثلاثة اوراق الخارجيه منها في الشكل والوظيفه فتعمل الاولى من الخارج على الحمايه *Protective Leaf* وهى ورقه جافه ميته يصعب ازالتها والثانيه تحيط بالاولى وتسمى ورقه

التخزين Storage Leaf والثالثة تستطل مع الاوراق الخضراء وتحسميها اثناء خروجها من الارض عند الانبات وتسمى الورقة الثانية Sporouting leaf تقترب هذه الفصوص في محيطات (٤ - ٨ محيط) على شكل الحدوة وكل محيط يوجد في ابط ورقه .

وفي الصبار *Agava americana* تحل مايعرف باسم البلابل Bulbils محل الازهار في الجزء العلوى من شمراخ النوره كما تشاهد ايضا بلابل في انواع من الورقة *Kalanchoe* والهامض *Oxalis* وجنس *Allium* والبلابل عبارة عن براعم او افرع هوائيه تحولت الى تركيب مشابهه للابصال وتقوم عادة بوظيفه التكاثر الخضرى بعد انفصالها عن الام .



قطاع طولى في بصله



البراعم Buds

البرعم ساق تقاربت عقده بشكل ملحوظ فقصرت سلامياته واوراقه صغيره مزدوجه متقاربه ومتداخله كثيره الانثناءات والتضاعف توجد في أباط المتقدمه منها نتوءات اوليه لبراعم جانبيه .

وتختلف الاعتبارات التى قسمت على اساسها البراعم فتقسم تبعا لاماكن وجودها او مكوناتها او تركيبها العام وقد تقسم حسب نشاطها

اولا : التقسيم على اساس اماكن وجودها

١ - طرفيه Terminal or Apical bud

والبرعم الطرفى يوجد فى قمة الساق او الفرع ويكون مسئولا عن النمو فى الطول

٢ - براعم ابطيه او جانبيه Axillary or Lateral Bud

ويوجد فى أباط الاوراق Leaf axils ويكون مسئولا عن التفرع وقد يوجد برعم واحد او اكثر فى ابط الورقه الواحدة .

وتقسم البراعم الابطيه بالنسبه لترتيبها على الساق الى :-

١ - براعم متبادله Alternate Buds

وتحتوى على برعم ابطى واحد على كل عقدة (تفاح - برقوق)

ب - براعم مقابله Decussate Buds or Opposite

حيث يوجد برعمان متقابلان على نفس العقدة (بدليا Buddlya)

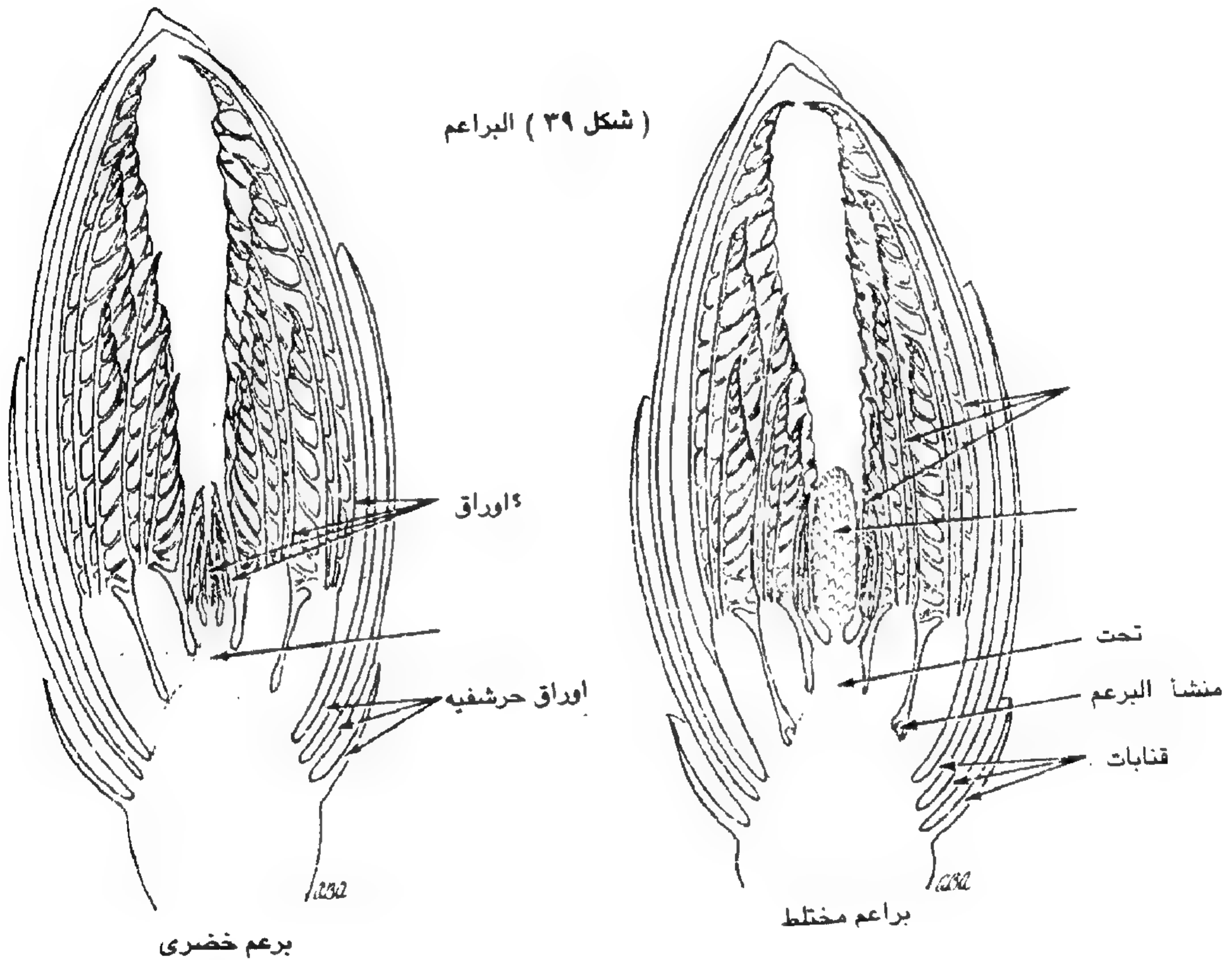
ج - براعم محيطيه او سواريه Whorled or cyclic Buds

وفى هذه الحاله توجد ثلاث براعم او اكثر من ثلاثة على العقدة الواحدة (دفله Catalpa Nerium)

البراعم المساعدة Accessory Buds

وهى عدة براعم يوجد واحد منها رئيس والآخر او اكثر من واحد مساعد يعمل على تكون فرع خضرى اذا اصاب البرعم الاصلى بآفة او يعطى ازهار كما فى نبات القطن كما توجد البراعم المساعدة فى نبات الدورانتا .

ويوجد تقسيم آخر تبعا لمكونات البرعم وماسيفنتجه عند التفتح فيوجد البرعم الخضرى او الورقى Vegetative or Leaf or Branch Bud ويعطى عند النمو افرعا خضرية . كما يوجد البرعم الزهرى فقط او الثمرى Flower or Fruit Reproductive Buds وهى تحتوى على وحدات المحيطات الزهرية وعند نموها تعطى اما زهرة واحدة او عدة ازهار ، بالاضافة الى النوع الثالث والذي يكون مختلطا بين الاول والثانى ويعرف بالبراعم المختلطة Mixed Buds وينتج افرعا خضرية وازهار وتختلف موضع الازهار عند خروجها فقد تكون طرفيه او جانبية .



واذا احيطت البراعم بحراشيف مشتركة كونت برعما مركباً كما فى العنب ونظرا لاهميه دراسه موضع البراعم الزهرية وعلاقتها بطبيعة النمو وبالتالي عدم التسبب فى حدوث اضرار للمحصول عند اجراء عمليات التقليم فى اشجار الفاكهه فقد قسمت تبعا لموقعها ومكوناتها الى :-

١ - برعم زهرى بسيط

- أ - طرفى : تتفتح عن ازهار فقط كالمانجو - البشملة .
 ب - جانبى : بلح - خوخ - مشمش - لوز - برقوق - موالح - (النورات المذكورة لكل من البكان والجوز) جوز الهند .

٢ - برعم مخلط :

- أ - طرفى :
 (١) البراعم المختلطة تتفتح عن نمو خضرى ينتهى طرفيا بالازهار : معظم البراعم فى التفاح والكمثرى - السفرجل - النورات المؤنثة للجوز والبكان .
 (٢) البراعم المختلطة تتفتح عن نمو خضرى وتحمل الازهار او العناقيد الزهرية جانبياً فى أباط الاوراق كالجوافه وجزء من براعم الزيتون .

ب - جانبى

- (١) البراعم المختلطة جانبية تتفتح عن افرع خضرية تحمل الازهار طرفيا : العنب - البلوبرى الراسبرى - القشطه - البندق - والتفاح والكمثرى احيانا .
 (٢) البراعم المختلفه جانبية تتفتح عن افرع خضرية توجد فى أباط اوراقها الازهار او العناقيد الزهرية اى انها جانبية : التوت - الكاكي - ابو فروه - التين الزبدية وجزء من محصول الزيتون .

٣ - براعم عرضيه Adventitious Buds

إذا خرج برعم من اى مكان آخر بخلاف القمه النامية للساق او أباط الاوراقسمى هذا البرعم برعم عرضى كخروج براعم على اسطح السوق المقطوعه او اتصال الاوراق (بيجونيا) Begonia او جذور كالبطاطا والداليا .

وقد تغلف البراعم من الخارج بحراشيف صلبه سمكيه تعرف بالحراشيف البرعميه Bud- scales وهذه البراعم تسمى براعم مغطاه او شتويه Covered Protected or scaly or winter Buds وهى توجد عادة فى معظم النباتات الخشبية المتساقطه الاوراق

اما النوع الثانى وهى البراعم الصيفيه او العاريه Summer or Naked Buds فلا تحاط باغلفه وتكون نشطه النمو وتوجد فى النباتات العشبيه Herbs وبعض الاشجار مستديمه الخضره ومعظم ذوات الحولين وعند انخفاض الحراره يتضخم البرعم مكونا راسا كبيره كما فى الكرنب Cabbage والخس Lettuce

والتقسيم الاخير تبعا لنشاط البرعم وقدرته على النمو فينقسم الى براعم نشطة **Active Buds** وهذا النوع من البراعم ينشط وينمو مباشرة بعد انتاجه بعكس البراعم الساكنه او الكامنه **Latent or Resting or Pormant Buds** حيث لاتنمو بل تظل ساكنه لمدته هذه ايام في الحوليات او بضع سنين في الاشجار ..

التفرع Brnching

من المعروف ان البرعم الطرفي هو المسئول عن زيادة النبات في الطول اما البرعم الجانبي فهو المسئول عن التفرع ..

وقد يحدث في بعض النباتات ان يتفرع النبات بأنقسام القمه الناميه ثم يتكرر ذلك على فترات معينه ويعرف ذلك بالتفرع القمي **Apical branching** او التفرع الثنائي الشعبه **Dichotomous branching** ولا يلاحظ هذا النوع من التفرع في كثير من النباتات الراقية الا في حالات خاصه كنخيل الدوم **Hyphaene rhabaice** ونخيل **Chamaedorea martiana** اما البرعم الجانبي عند نموه مكونا فرعا جديده فيسمى تفرع جانبي او ابطى **Lateral or Axillary Branching** وقد يستمر البرعم الطرفي في النمو لزيادة الطول مع نمو البراعم الابطيه ويكون ذلك محورا مستمرا وينموا غير محدود ولذا يعرف بالتفرع الغير محدود **Indifinite Branching** او تفرع صادق المحور **Racemose or Monopodial Branching** وفي هذا النظام تبدو الاشجار مخروطيه الشكل او هرميه كالمشاهد في الصنوبر من معراه البذور والكانورينا في مغطاتها .

الاحتمال الثانى ان يتوقف البرعم الطرفي عن النمو وتستمر الزيادة في المحور الطولى بنمو البرعم الجانبي اى ان المحور يكون غير حقيقى لانه غير مستمر ويسمى تفرع كاذب المحور **Cymose or Sympodial Branching** ويطلق عليه تفرع محدود حيث يقف البرعم الطرفي عن النمو لاسباب منها انه يكون البرعم الطرفي برعم زهرى او يتحول الى محلاق او يتلف ويموت .

وكما سبق ان ذكرنا عن الحديث عن نمو الريزومات فان التفرع فيها كاذب كالموجود في النجيل والايرس .

واذا كان البرعم الجانبي مفرداى ان العقده لاتحمل الا برعما واحدا فان التفرع يسمى تفرع جانبي كاذب المحور وحيد الشعبه **Monochasium** ويختلف اتجاه النمو فيعطى شكلا منجليا **Helicoid** اذا كان تفتح البرعم ونموه دائما في اتجاه واحد (نبات الفريزيا **Freezia**) او قد يتغير باستمرار اتجاه النمو فيكون عقربيا **Scorpioid** (العنب ، الكتان ، البيتونيا)

وإذا حملت العقده برعمان ونما هذان البرعمان سمي التفرع ثنائى الشعبة Dichasium كالمشاهد فى نبات الياسمين Gasminum , Gypsophila ولكن العقده اذا حملت اكثر من برعمين فى وضع سوارى ونمت كان التفرع كاذب المحور عديد الشعب Polychasium كالمشاهد فى نبات ام اللبن Euphorbia

التركيب الداخلى للساق Anatomy of the Stem

اولا تركيب ساق حديثه لنبات ذو فلقين :-

عند فحص ساق لنبات من ذوات الفلقتين نجد اختلاف فى التركيب تبعا لمنطقة الفحص فإذا كانت فى القمه الناميه وجدت مناطق انشائية والأمر يختلف فى المنطقة التى تكونت فيها الانسجة الابتدائية فيلاحظ عند الفحص من الخارج الى الداخل .

البشره Epidermis

تتكون البشره من طبقه واحده من الخلايا الحيه انبوبيه الشكل تحتوى على فجوة عصاريه كبيره وحيث ان وظيفه البشره الاساسيه هى حمايه فإن هذه الخلايا متلاصقه لا تترك بينها مسافات بينه الا فى مواضع الثغور كما تغطى هذه الخلايا جهه الخارج بطبقه من الكيوتين وهى طبقه متصله تسمى Cuticle وقد يتكون عليها زوائد من شعيرات وحراشيف وغالبا لا تحتوى البشره على بلاستيدات خضراء الا فى مجموعه النباتات المحبه للظل والنباتات المائيه والخلايا الحارسه لفتحات الثغور .

القشرة Cortex

هى المنطقة التالىة للبشره ورغم طبيعه القشره فى الساق بالمقارنه مع القشره فى الجذر الا انها تحتوى انواع عديده من الخلايا فأخر مجموعه من الخلايا جهه الداخل تكون طبقه تعرف بأسم الغلاف النشوى Starch Sheath وهى تعمل على استقامه النبات كما توجد ايضا خلايا كولنشيميه اسفل البشره فى شكل حلقه كامله او مجامع متبادله مع خلايا كلورنشيميه وتكثر الخلايا الكولنشيميه فى اركان السوق المضلعه كالقول واللوب والقرع بالاضافه الى الخلايا البرانشيميه التى تكون عده طبقات وتترك فيما بينها مسافات بينيه .

كما قد توجد الألياف والخلايا الحجرية وقد توجد خلايا افرازيه او خلايا تخزينيه والقشره قبل كل شئ طبقه واقية ووظائفها فى التدعيم والبناء والادخار فى فهى وظائف ثانويه

الاسطوانه الوعائيه Vascular Cylindr

وهى المنطقة الواقعة بين الغلاف النشوى والمنطقه المركزيه المسماه النخاع Pith وتحتوى الاسطوانه على :-

١ - بريسيكل Pericycle

وهى طبقه واحده او اكثر وقد تكون متصله على شكل حلقه من الالياف تلى الغلاف النشوى كما فى اللوف والقرع . او تكون حزم ليفيه خارج الحزمه الوعائيه وبالتبادل مع خلايا برانشيمييه كما فى عباد الشمس والبرسيم

ب - الحزم الوعائيه Vasculars Bundles

والحزم الوعائيه بما تحتوى من لحاء وخشب وكامبيوم حزمى (صف من خلايا انشائيه) فإنها توجد اما فى محيط واحد كالبرسيم وعباد الشمس او فى محيطين كما فى ساق اللوف والقرع وتختلف نوع الحزم باختلاف النبات فمنها الحزمه الجانيه المفتوحه ومنها الحزم ذات الجانبيين (راجع الحزم الوعائيه)

٤ - النخاع Pith

يوجد فى مركز القطاع خلايا برانشيمييه اذا استمرت فتقوم بوظيفه التخزين او تتلجنن واذا تمزقت تركت مكانا فارغا وتصبح الساق مجوفه كساق الفول والبرسيم وتسمى هذه الخلايا بالنخاع

وتربط بين النخاع والقشره مرورا بين الحزم الوعائيه خلايا برانشيمييه تسمى الاشعه النخاعيه Medullary rays وخلاياها تترك بينها مسافات بينه واسعه وقد يقوم بالتخزين كما قد ينشأ بها على امتداد الكامبيوم الحزمى خلايا انشائيه ثانويه تسمى كامبيوم حزمى Interfascicular cambium وذلك اثناء النمو الثانوى فى السمك .

ثانيا : تركيب ساق نبات من ذوات الفلقه الوحده Anatomy of Monocot Stem

تتكون معظم النباتات ذوات الفلقه الواحده من انسجه ابتدائيه لا يحدث فيها تغليظ الا فى حالات خاصه سيأتى ذكرها عند دراسه التغليظ . كما انها غالبا نباتات عشبيه كما تتميز تلك النباتات بعدم وجود قشره ويمكن ملاحظه المناطق التاليه فى قطاع احدى النباتات

١ - البشرة Epederms

وهي الطبقة لا تختلف كثيراً عن البشرة في ذوات الفلقتين فهي خلايا متراسه لا تترك بينها مسافات ولكن جدر الخلايا الخارجية أكثر سمكا عنها في معظم نباتات ذوات الفلقتين

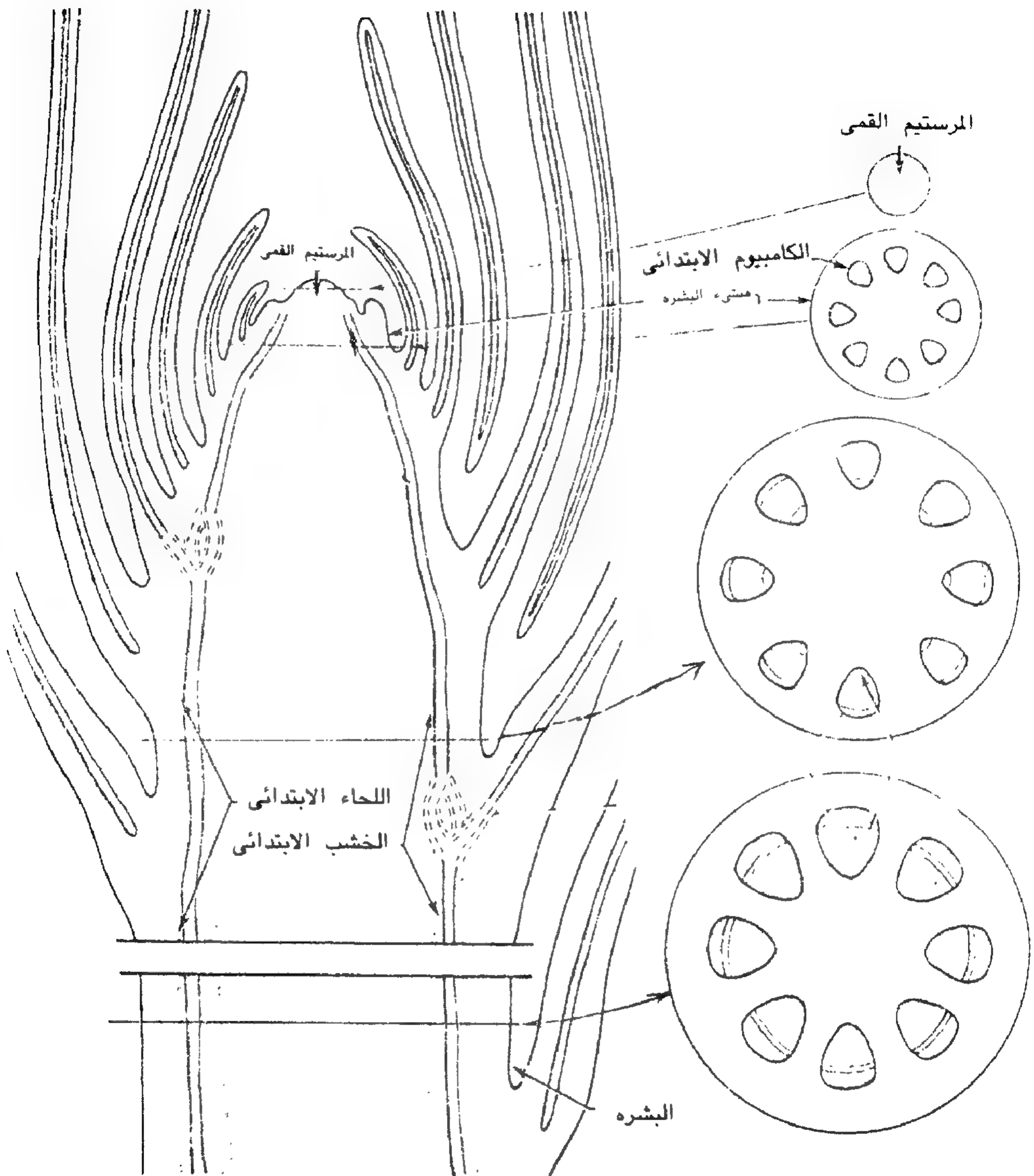
٢ - النسيج الاساسي Ground tissue

ويقصد به المنطقة الواقعة خلف البشرة حيث لا تتميز القشره عن الاسطوانه الوعائيه .. كما انه لا يوجد غلاف نشوي وهي خلايا برانشيمييه تتسع كلما اقتربنا من المركز وتتبعثر في هذه المنطقة الحزم الوعائيه ويمكن ملاحظه وجود نسيج ليفي اما متصلا او على هيئة كتل متقطعه يفصل بينها حزم وعائيه صغيره محاطه بنسيج كلورنشييمي

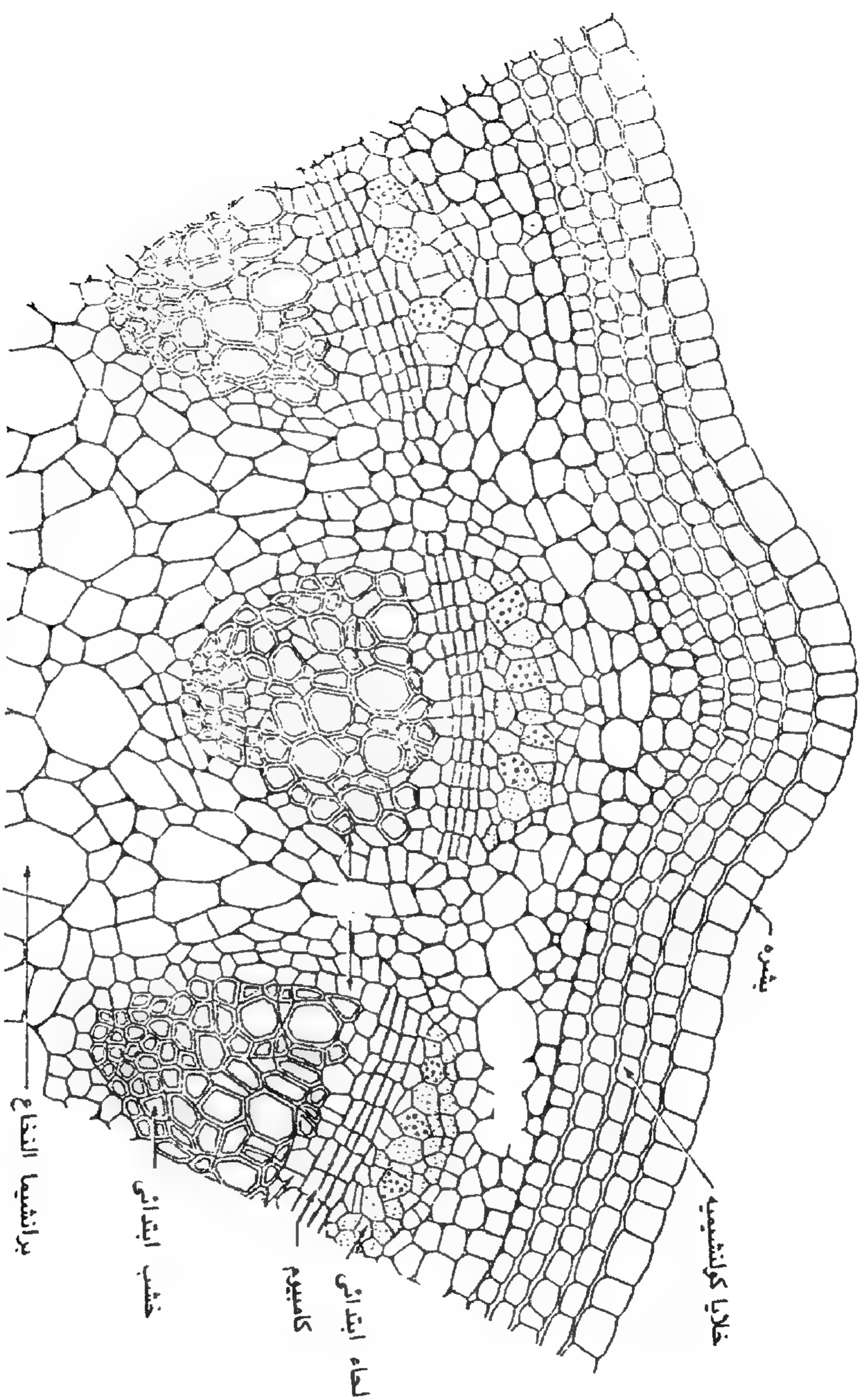
٣ - الحزم الوعائيه

يختلف ترتيبها في الساق فقد توجد مبعثره بدون نظام او تكون في شبه دائره في محيطين في السيقان المجوفه كما في القمع والشعير وهي حزم جانبيه مقفله تحاط كليا او جزئيا بنسيج ليفي يعمل على التدعيم وتعرف بأغلفه الحزمه bundle sheath وقد تتصل تلك الاغلفه باللياف النسيج الاساس الخارجيه في حاله وجودها كما في الذرة .

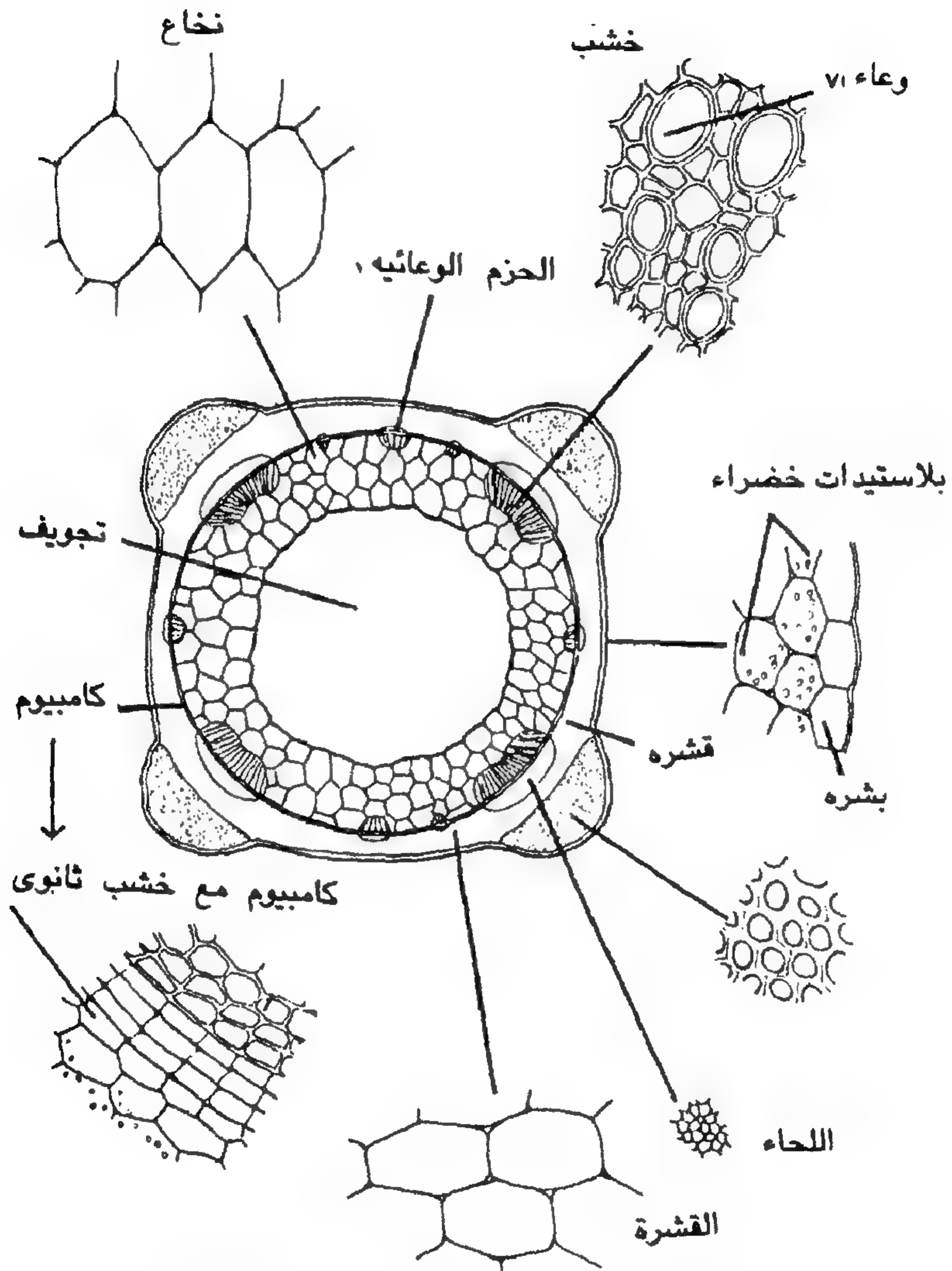
ومن حيث مكونات الحزمه فهي اللحاء لمكوناته بدون برانشيميه لحاء والخشب على نصف قطر واحد مع اللحاء ويتكون من الخشب الثانى جهه الخارج والاول جهه الداخل مكوناً شكل حرف Y او V وغالباً تتميز من اوعيه الخشب الاول ويتكون بذلك تجويف يعرف بتجويف الخشب الاول .



(شكل ٤٠) قطاع طولى فى قمة ناميه فى الساق



(شكل ٤١) جزء من قطاع عرضي من ساق ذو فلقين .



(شكل ٤٢) قطاع في ساق نبات Whit dead- mettle

الورقه The Leaf

الورقه عضو ذو اهميه قصوى للنبات وغيره من الكائنات الحيه حيث ان كل الاحياء ، فيما عدا بعض انواع البكتريا المتخصصه ، تعتمد بطريقه مباشره او غير مباشره على نواتج البناء الضوئى .

فالورقه عضو متخصص فى القيام بهذه العمليه وهى اهم وظائف النبات لان غيرها من الوظائف مرتبط بها او يعتمد عليها بطريقه ما . وفى الورقه أنسجه هامه تقوم بأمدادها بالمواد التى تشترك فى عمليه البناء الضوئى ، وتنقل المواد الناتجه منها كما ان هذه الانسجه تساعد على حمل مساحات كبيره من الاوراق وتعرضها للضوء فتقوم بتأديه وظيفتها على احسن وجه .

انواع الاوراق Kinds of Leaves

توجد انواع مختلفه فى الاوراق تختلف باختلاف الوظيفة ومن هذه الانواع الرئيسيه :

[١] الاوراق الخوصيه او الخضرية Foliage Leaves

وهى الاوراق العاديه فى النباتات العاديه والتى تقوم بأهم الوظائف وهى التمثيل الضوئى والنتح وتتكون كما سيأتى شرحه بالتفصيل من ثلاثه اجزاء القاعده والعنق والنصل وهو أهم الأجزاء.

[٢] الاوراق البذريه (الفلقات) Seed leaves (Cotyledons)

توجد هذه الاوراق فى أجنه البذور وظيفتها تخزين الغذاء ويوجد منها اما واحده (فلقه واحده) او ورقتان (فلقتان) او اكثر من ذلك وقد تؤدى دور آخر اذا ظهرت فوق سطح الارض فى بدايه الإنبات حيث تخضر وتقوم بعملية التمثيل الضوئى كما يحدث فى الخروع والبصل والصنوبر .

او تقوم بهضم وامتصاص الغذاء المختزن فى الأندوسبرم لمساعدته الجنين على النمو كما فى البلىح او تقوم بحمل الريشه والجذر خارج البذره كما فى البلىح والبصل .

[٣] الأوراق الأولية Prophyls

قد تظهر على ساق البادريه او الفرع عند بدايه النمو وفي اعمارهم الاولى أوراق تختلف في الشكل عن الأوراق العادية وتؤدي نفس الوظيفة للأوراق العادية تسمى الأوراق الأولية كما يشاهد في بادريه القول .

[٤] الأوراق الحشفيه : Scale Leaves [Scales]

هي أوراق خاليه من الكلوروفيل تقوم بعملية الحماية او الاختزان . تكون صغيره وجافه ورقيقه كالموجوده على الريزومات والدرنات والكرومات . او تكون عصاريه كبيره كما في حاله الأبصال . او توجد على سيقان هوائيه لبعض النباتات كالسفندر والمهلينكا - او تكون صغيره سميكه مغطاه بقشور كالتى تغطى البراعم في الاشجار المتساقطه الأوراق .

[٥] القنابات Bracts

هي تلك الأوراق التى يخرج من أباطها ازهار وقد تكون ذات لون اخضر (العايق) او ملونه جذابه كالموجوده في نبات بنت القنصل والجهنمي او لا توجد كما في المنثور .

اجزاء الورقه

تتكون الورقه المثاليه لنبات من ثلاثه اجزاء هي القاعده والعنق والمصل .

[١] قاعدة الورقه Leaf base

هي الجزء المتصل بالساق مباشره وهذا الجزء قد يحدث فيه تضخم قليلاً او كثيراً وقد تتشحم القاعده بغرض التخزين او تصبح جلديه بغرض الحماية وقد تقوم بوظائف اخرى حيث يتكون عضو للحركه يسمى وساده Pulvinus وذلك يتضخم القاعده ويساعد هذا الجزء على تغير اتجاه الورقه نتيجة لظروف بيئيه كما في البوانسيانا Poinciana ونبات الست المستحيه Mimosa pudica فإن الوساده تسبب تحرك الورقه تحت تأثير اللمس في نباتات ذوات الفلقتين وقليلاً من ذوات الفلقه الواحده تنمو على قاعده الورقه ذوائد تكون ثنائيه تسميان الاذينتتين Stipules وإذا وجدت اصبحت الورقه ذات اذينات Stipulate وان لم توجد وصفت الورقه بأنها عديمه الاذينات exsipulate وتختلف الاذينات في النباتات المختلفه فنجدها صغيره في أوراق التفاح ، متورقه في البسله والبنيسيه ، شوكيه في السنط او مركبه في البوانسيانا .

اما في نباتات الفلقه الواحده كما في النجيليه والسعديه والموزيه وبعض ذات الفلقتين كالعائله الخيميه فإن قاعده الورقه تنمو وتستطيل وتكون ما يعرف بالغمد Sheath يحيط بالساق . كما قد يوجد في منطقه اتصال النصل بالغمد نمو غشائي مثل القمح والشعير يسمى اللسين Ligule وهو يعمل على منع الماء والمواد الغريبيه من السقوط بين الساق والغمد .

[٢] عنق الورقه Petiole

العنق نمو اسطوانى يحمل النصل بعيداً عن الساق ليعرضها للضوء وإن وجد سميت الورقه ورقه معنقه Petiolate وإن لم يوجد فإن الاوراق تصبح جالسه Sessile كما في نبات الزينيا Zinnia وقد يتورق العنق كما يشاهد ذلك في الفارنج Citrus aurantium او قد يحل العنق محل النصل عند إختزاله ويسمى Phyllode كما في نبات Oxalis bilimbi

[٣] نصل الورقه Lamina or Blade

وهو الجزء المنبسط من الورقه واهم جزء فيها حيث يتم فيه عمليات التمثيل الضوئى والنتح . وإذا كان النصل قطعه واحده كانت الاوراق بسيطه Simple وإن كانت مركبه من وريقات Leaflet او قد يطلق عليها ريشه Pinna سميت الورقه بالمركبه Compound ولتحديد شكل النصل يجب التعرف على الشكل العام ثم الحواف واجزاء القاعده .

اشكال النصل : يختلف نصل الورقه كثيرا في الشكل . فقد يكون ابريا acircular بشكل الابره كما في ورقه الصنوبر Pinus ، او أنبوبيا tubular فيكون بشكل الابره الا انه مجوفا كما في أوراق البصل ، او شريطيا linear كما في أوراق نباتات العائله النجيليه . أو رمحيا lanceolate فيكون مستدقا من أعلى وعريضا نوعا من أسفل كما في أوراق الكافور والقرنفل ، أو قلبيا cordate كما في ورقه المشمش والبنفسج أو بيضيا ovate كما في أوراق الدورنتا Duranta ، أو بيضاويا elliptic كما في أوراق أبو فروة Kastanea ، أو مستطيلا oblonge كما في وريقات اللبخ ، أو ملعقيا spatulate فيكون نصل الورقه عريضا من أعلى وضيقا من أسفل كما ورقه البتسبورم Pittosporum أو سهميا Sagitate كما في ورقه الكلا Zantedechia أو مزراقيا Hastate وهى تشبه السهمية الا أن زوايتى مؤخره النصل تمتدان للخارج كما في أوراق العليق Convolvulus أو كلويا Reniform كما في أوراق خف الجمل Bauhinia ، أو درعيا Peltate حيث يكون النصل دائرى الشكل عادة ويخرج العنق من منتصفه كما في نصل ورقه أبو خنجر Tropaeolum .

اشكال حافه النصل: توجد عدة أنواع من أشكال الحافة . منها الحافة الكاملة entire ، وهى خالية من التموجات والتسنيئات كما فى ورقة الزيتون ، ومنها الحافة المسننة dentate وهى ذات أسنان حادة متماثلة ومتجهة للخارج كما فى ورقة المشمش ، ومنها الحافة المنشارية serrate وهى ذات أسنان حادة واتجاه الأسنان ناحية قمة النصل كما فى ورقة الدورنتا ، ومنها الحافة المنشارية المتضاعفة double serrate وفيها الحافة ذات أسنان منشارية كبيرة والأسنان الكبيرة تكون مسننة الى أسنان أصغر كما فى أوراق الغرغار Ulmus ومنها الحافة الشوكية spiny وفيها تكون الأسنان كبيرة وصلبة ومدببة الأطراف كالأشواك كما فى أوراق الخشخاش الشوكى Argermone mexiena ، ومنها الحافة المتموجة undulate قليلا كما فى نصل ورقة أبو خنجر . ومنها الحافة المتضرسة sinuate وفيها تتموج الحافة بشكل انخفاضات وبروزات بعضها كبير وبعضها صغير كما فى أوراق البيلارجونيم Pelargonium .

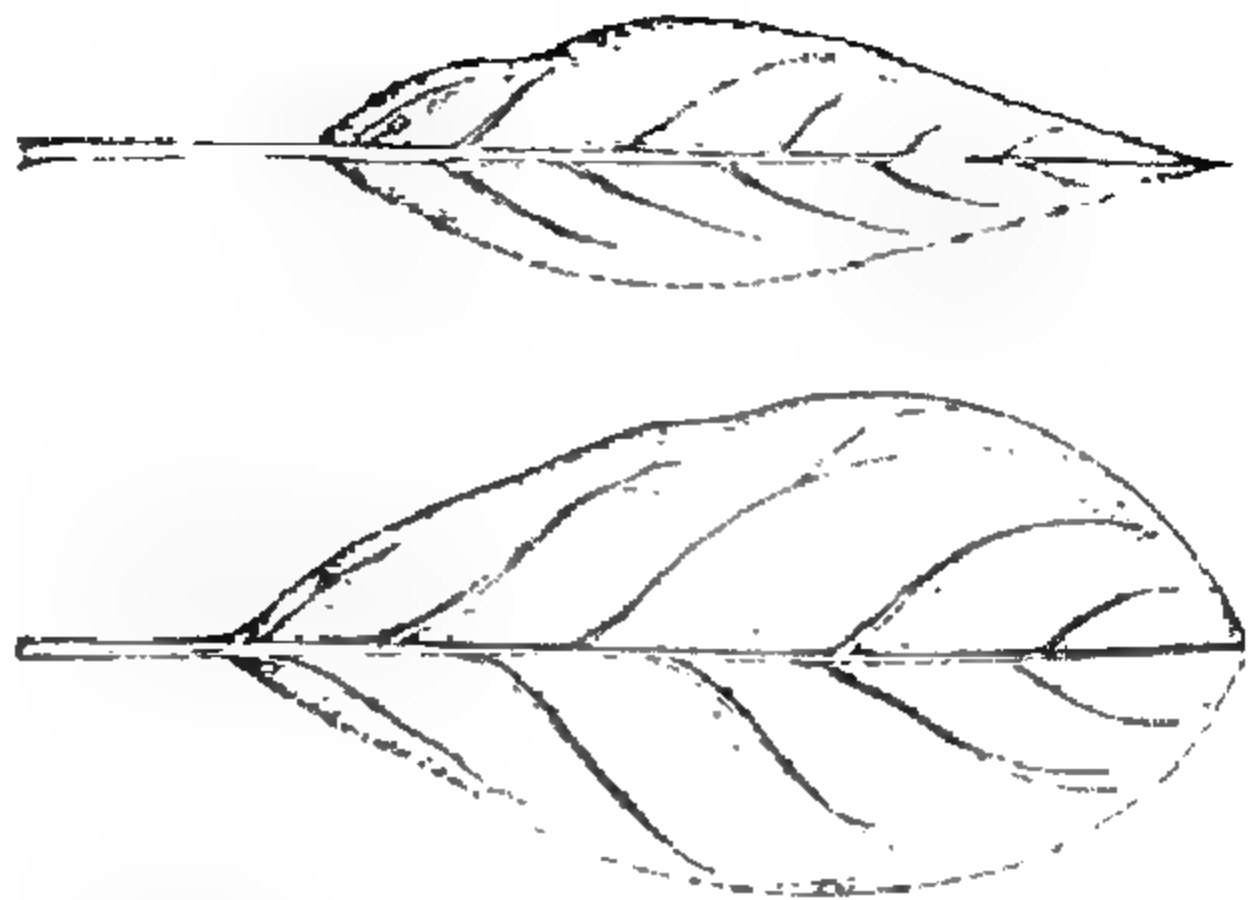
اشكال قمة النصل : يختلف شكل قمة النصل فقد تكون محلاقية cirrhous كما فى جلوريوزا Gloriosa simplex وقد تكون مسحوبة شوكية aristate أى مسحوبة وصلبه كما فى أوراق السيسل Agave sislana وقد تكون مسحوبة caudate كما فى ورقة فيكس ريليجيوزا Ficus religiosu وقد تكون مستدقة acuminate وقمتها لها نتوء صغير كما فى الدورنتا ، وقد تكون حادة acute وتظهر بشكل زاوية حادة كما فى الرياحان وقد تكون مستديرة obtuse كما فى ورقة البتسبورم ، وقد تكون مسطحة flattened كما فى وريقات اللبخ ، وقد تكون معقودة retuse أى بها انخفاض صغير كما فى وريقات البرسيم ، وقد تكون منخفضة emarginate أى بها انخفاض كبير كما فى ورقة خف الجمل .

اشكال قاعدة النصل : يختلف شكل قاعدة النصل فقد تكون مستدقة attenuate كما فى ورقة البتسبورم أو تكون مثلثة cuneate كما فى الدورنتا أو مستديرة obtuse كما فى وريقات الاراليا ، أو مسطحة truncate كما فى الهبسكس ، أو قلبية cordate كما فى ورقة المشمش . أو درعية peltate عند اتصال العنق بالنصل من سطحه وليس من حافته كما فى أبو خنجر ، أو مثقوبة perfoliate وفيها يكون النصل جالسا وتحيط قاعدته بالسوق احاطة تامة كما فى لونسييرا Lonicera capritolium

وقد يحدث تفصيل للأوراق Lobed حيث يزداد التموج وتصل عمل الإنخفاضات إلى أقل من نصف النصل أو تكون مفصصه ريشيه كالمشاهد فى أوراق الكريزانثيم Chrysanthemum أو مفصصه راحيه كما فى أوراق القطن وإذا زاد عمق التفصيل الى أكثر من نصف النصل ولا تصل إلى العرق الوسطى أصبحت

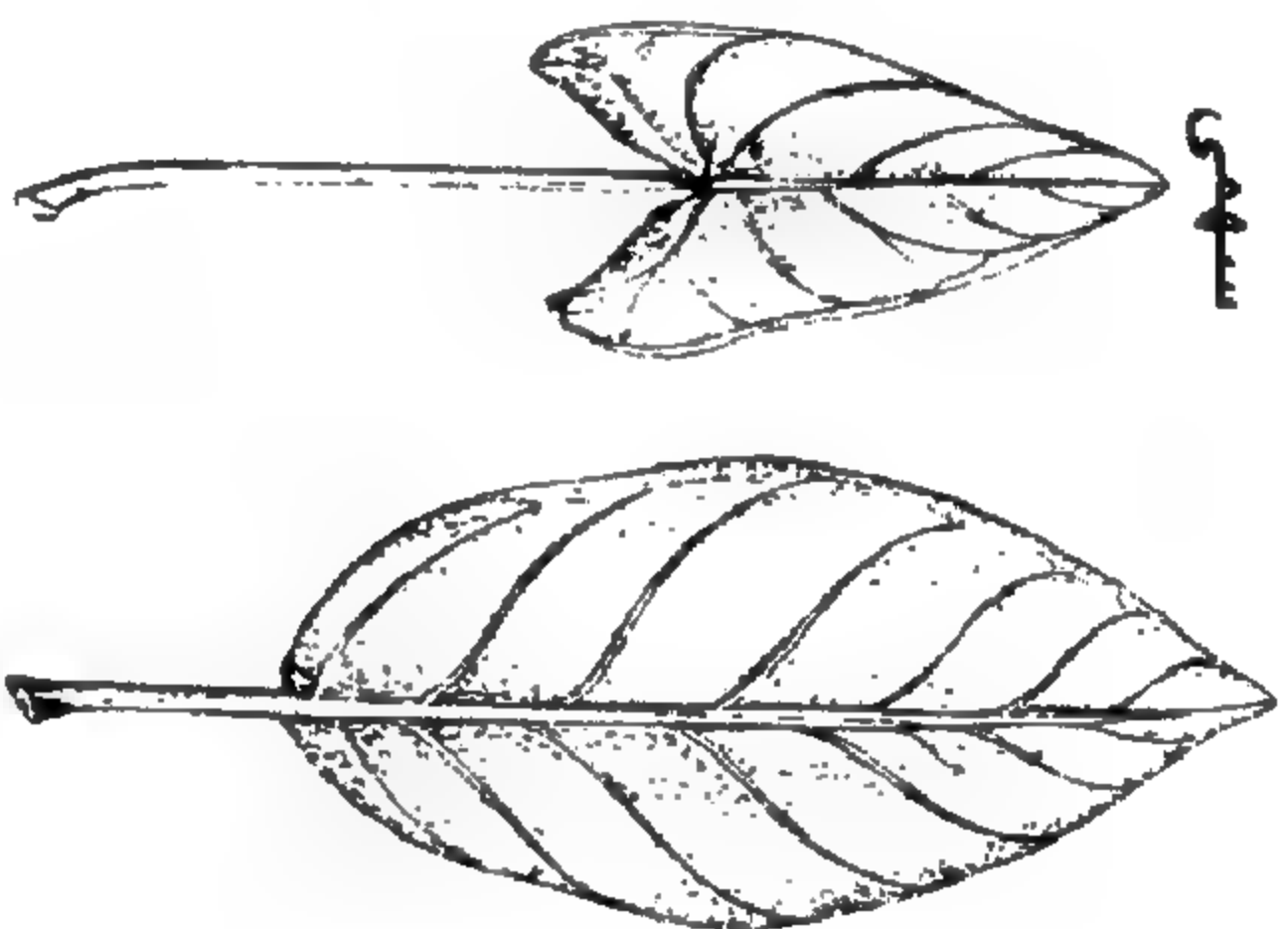
شريطي

رمحي مقلوب نصل رمحي



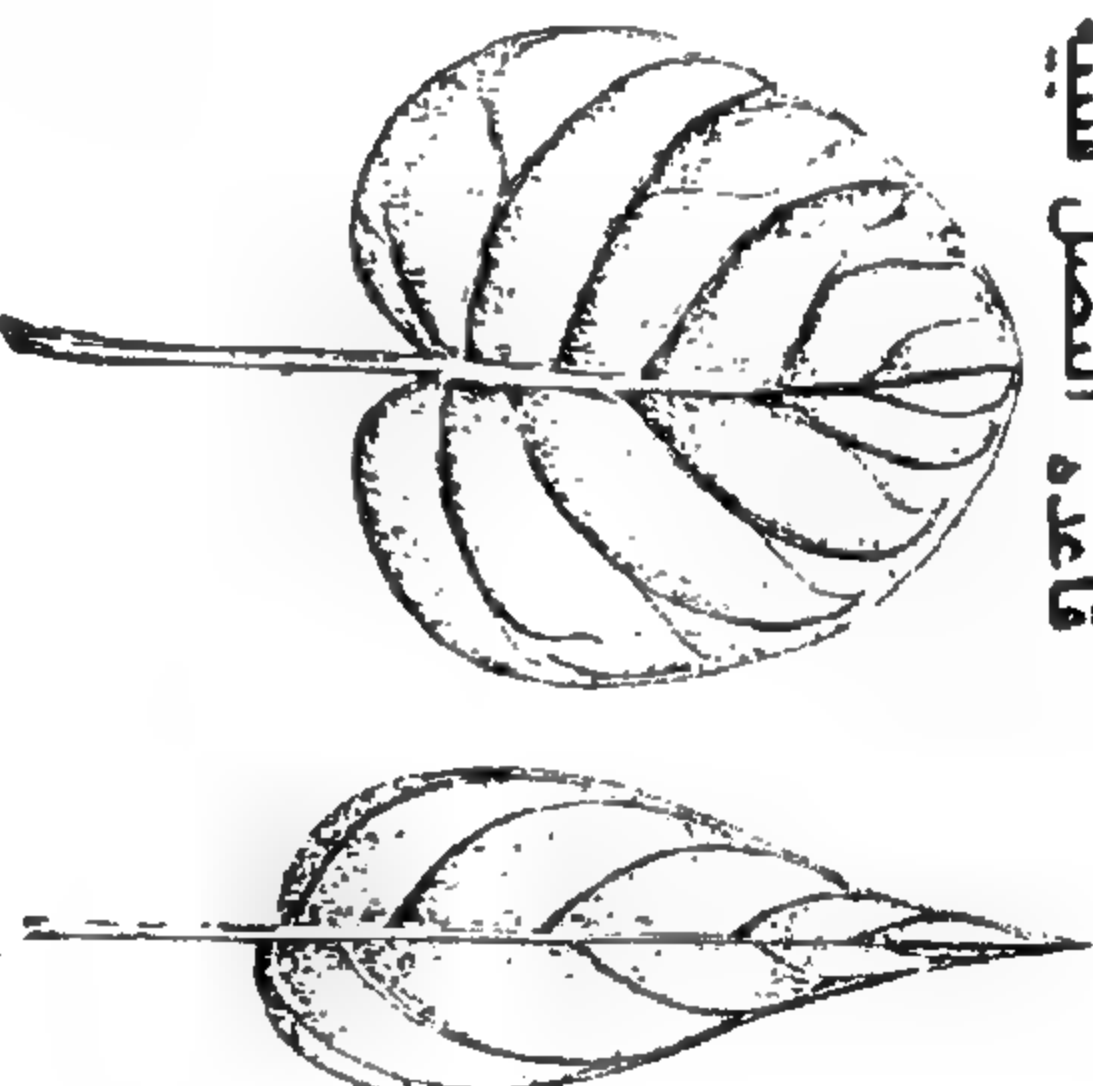
سهلي

قاعدة النصل مستديرة



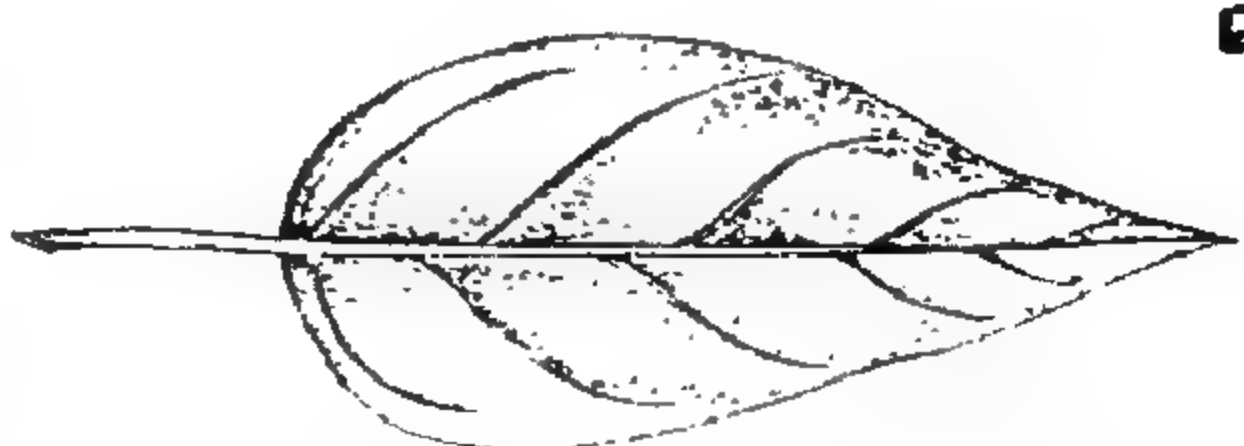
قاعدة النصل قلبية

قاعدة النصل منحرفة



قمة النصل مدببة

قمة النصل غائره



حافة النصل منشارية

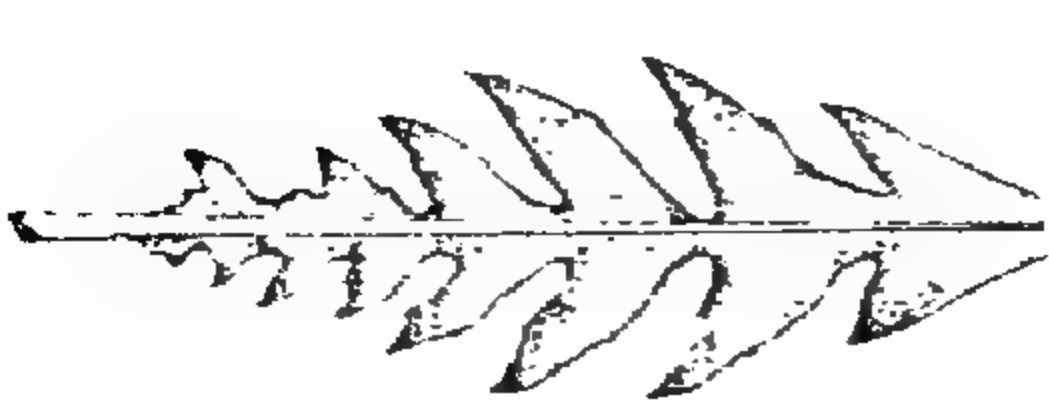
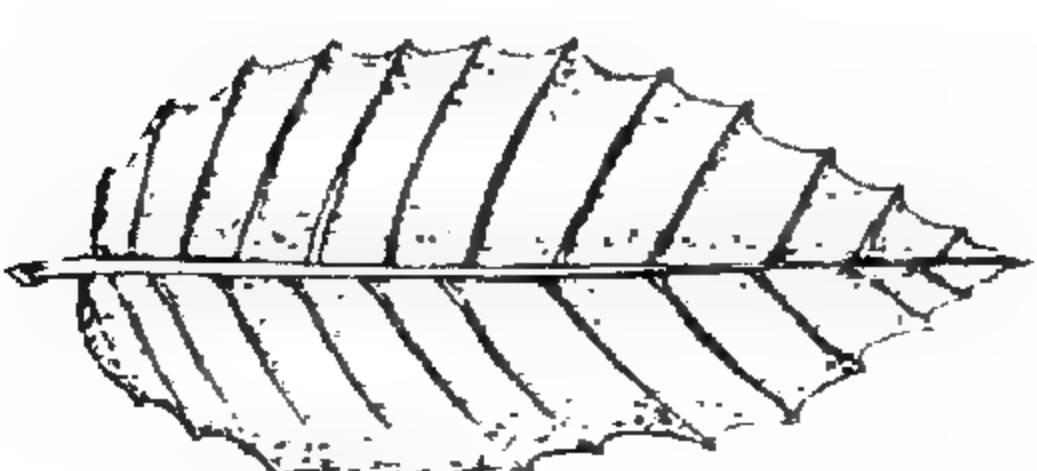
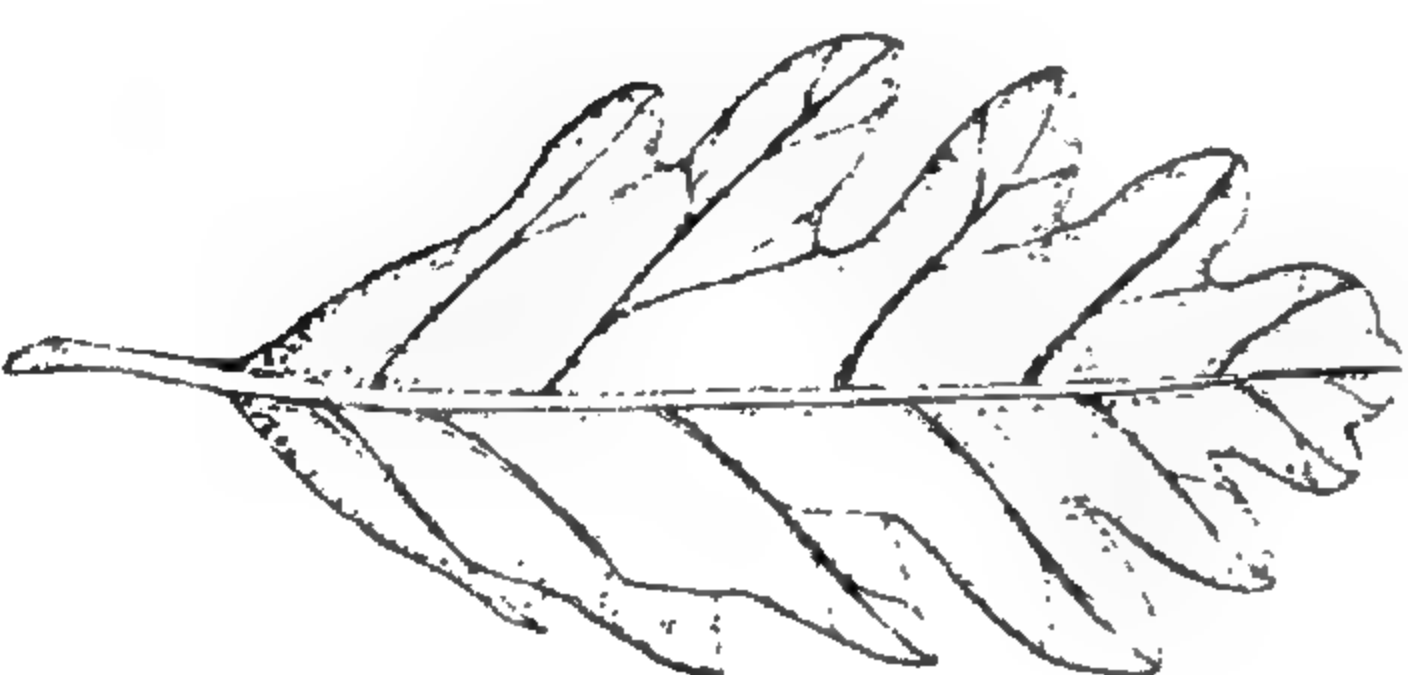
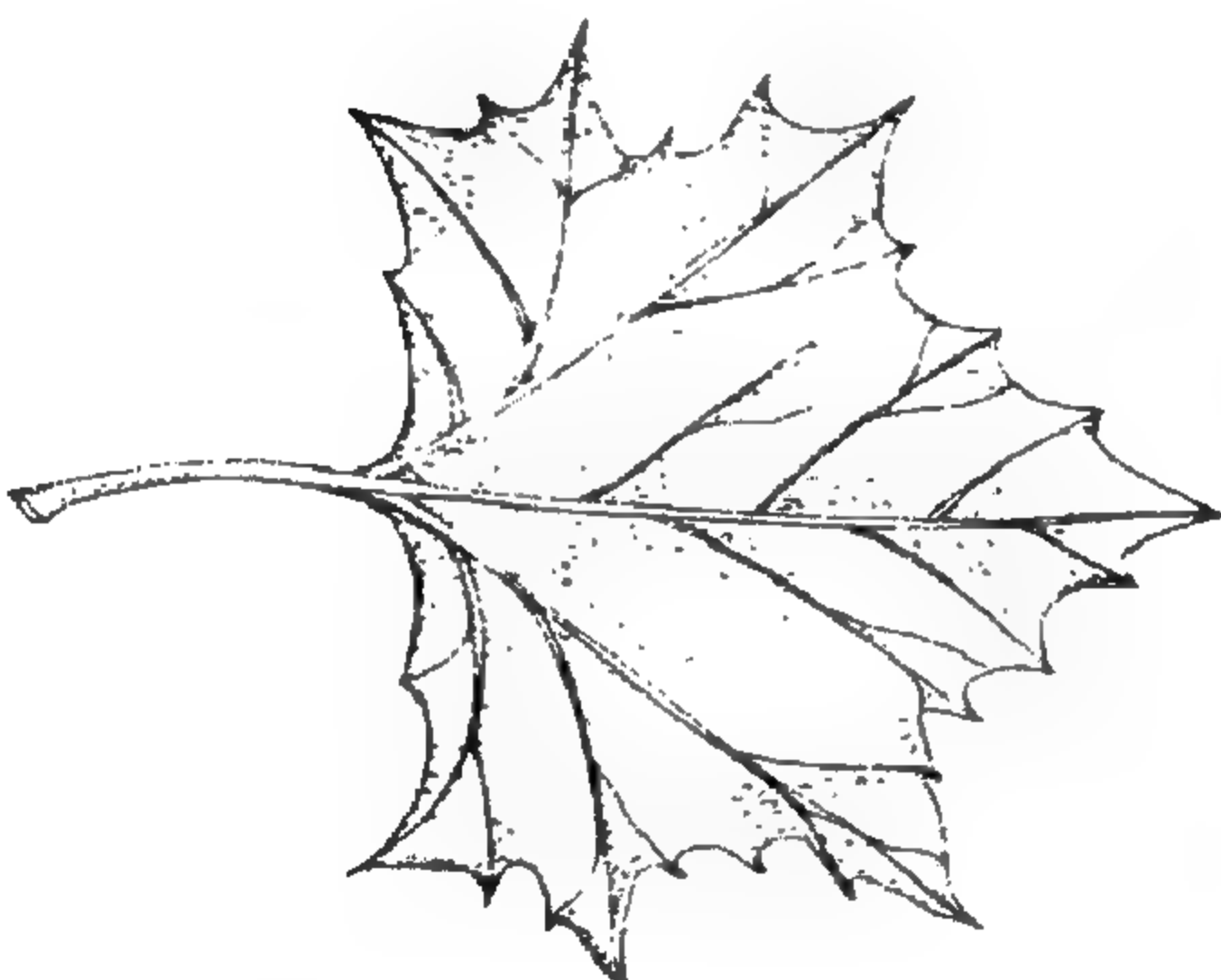
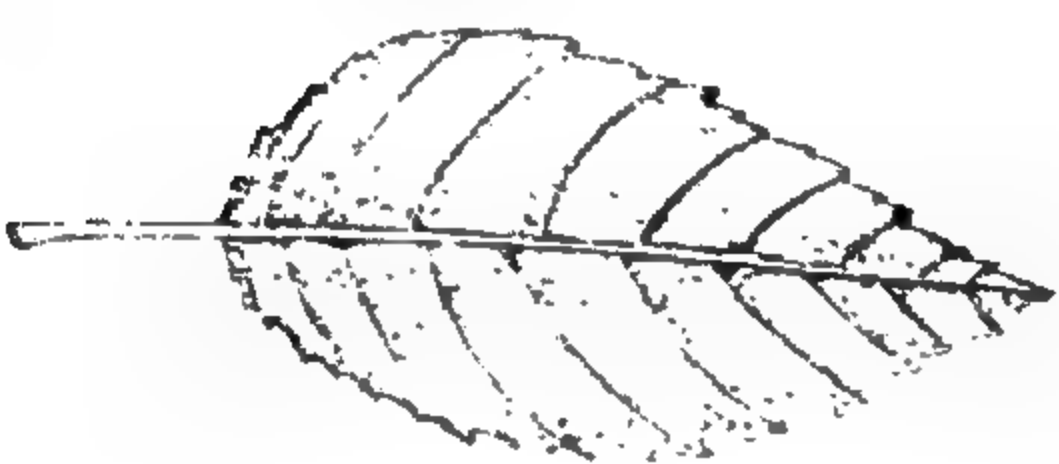
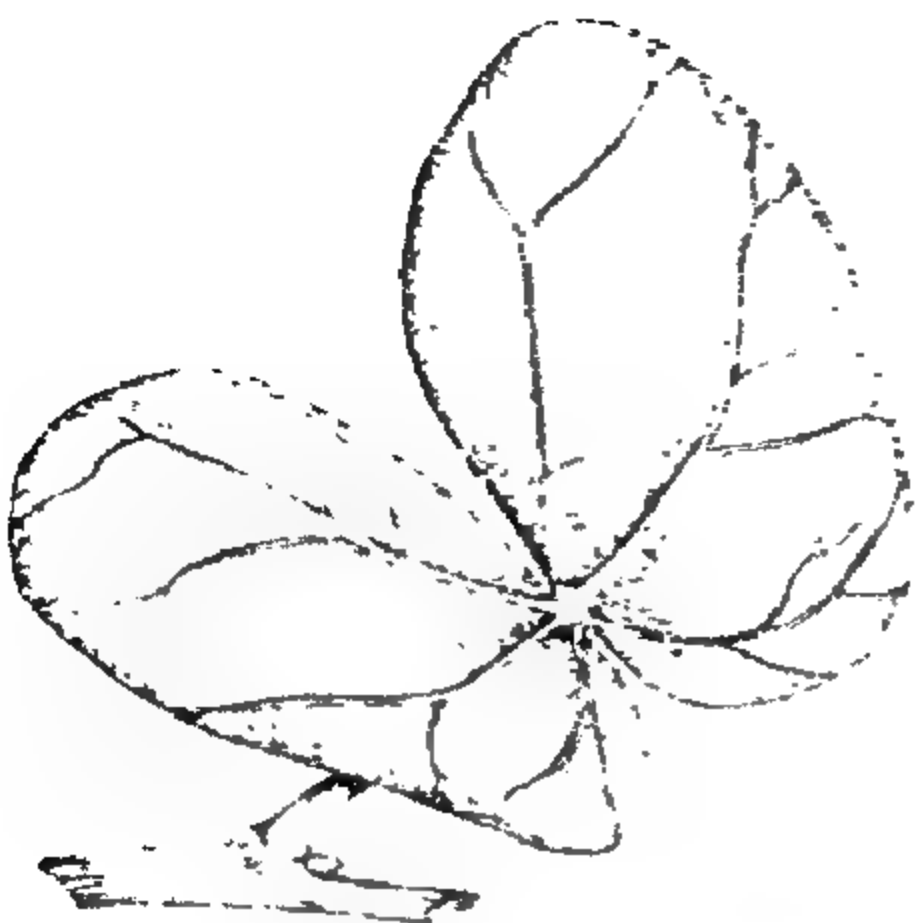
الحافة محززة

الحافة مفصصة

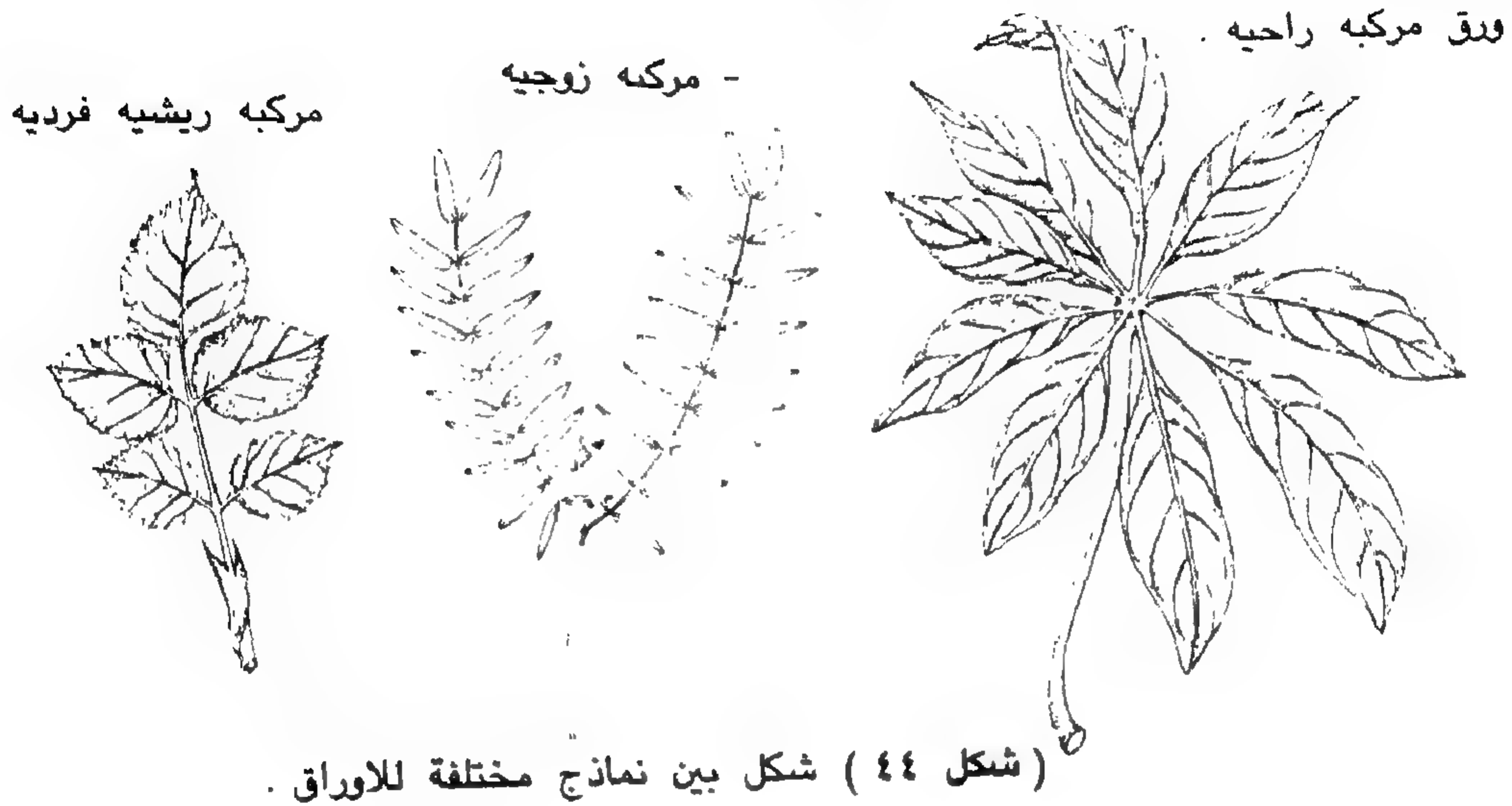
الحافة مسننة

الحافة مقسمة

قمة النصل ذات فصين



مقسمه Clefted وقد تكون مقسمه ريشيه كما في ورقه الخشخاش Papaver او مقسمه راحيه كورقه الخروج والتين - وإذا وصل التقسيم إلى العرق الوسطى كما في الجرجير اصبحت مجزاه ريشي pinnatified . اما الاوراق الشبث والانيمون Anemone فان الورقة مجزاة خيطيه فيكون النصل مجزأ .



التعريق Venation

تنقسم الاوراق من حيث التعريق الى نوعين احدهما متوازي التعرق وفيه تتخلل الحزم الرئيسيه الورقة دون ان تتشابك ، والآخر شبكى التعرق وفيه تتشابك الفروع الرئيسيه للجهاز الوعائى وتعرف وحدات هذا الجهاز الوعائى وهو المسئول عن نقل الماء والأملاح الذائبة وكذلك العصارة المجهزه خلاله باسم العروق Veins .

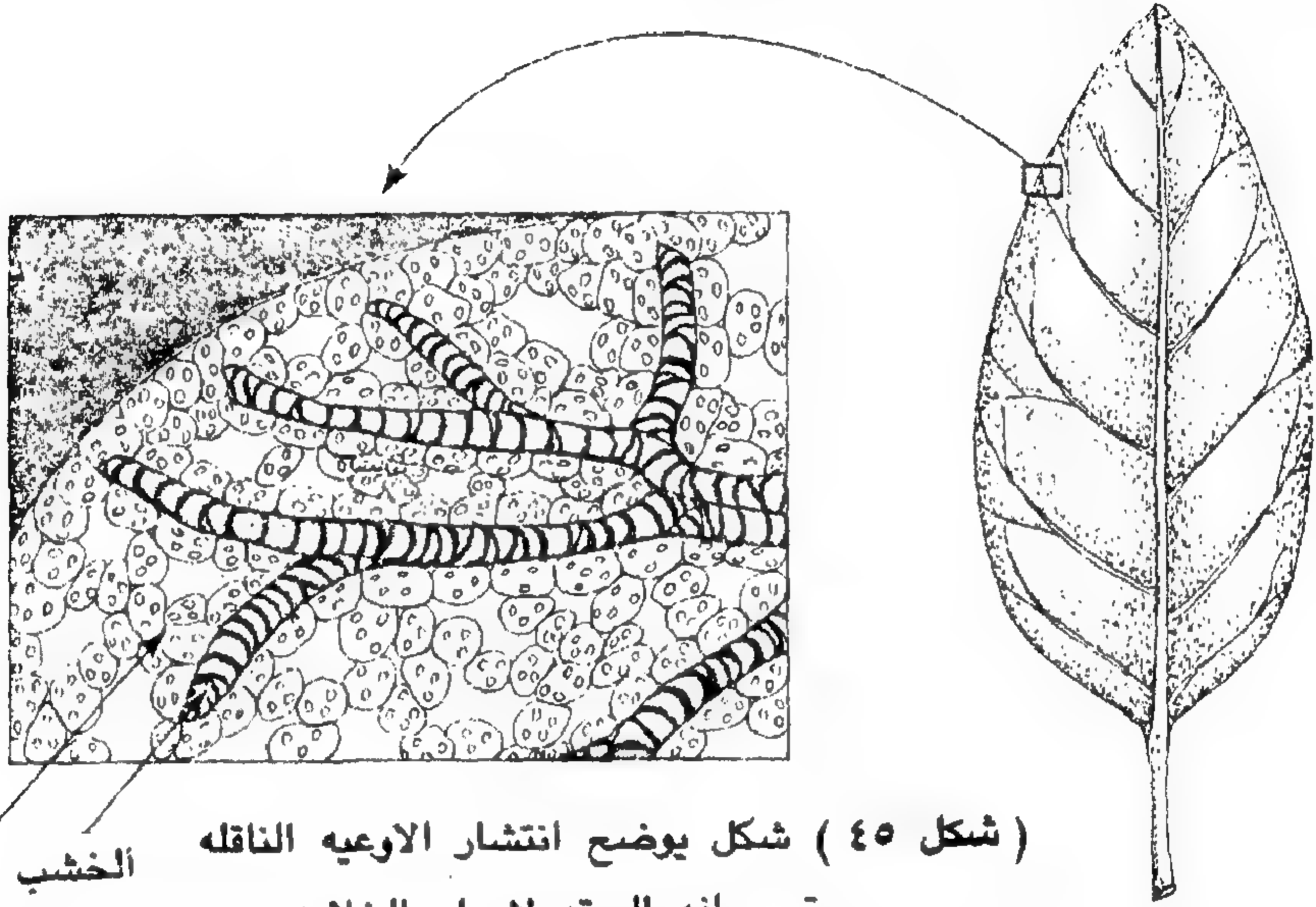
١ - التعريق الشبكى Reticulate veuation

وهذا التعريق متميز به النباتات ذات الفلقتين وقد يوجد بصورة نادرة في بعض ذوات الفلقه الواحد كالفلقاس وتتفرع فيه العروق عدة مرات وتتقابل نهايات العروق الصغيره وتتصل مكونه شبكه واذا كان التفرع من عرق واحد سمي النظام شبكى ريشى (الدخان والونكا والفيكس والورد)

اما اذا وجد عدة عروق رئيسيه متساوية الاقطار تخرج من عنق الورقة وتخرج منها عروق جانبية وهكذا سمي التعريق بالشبكى الراحى (القطن ، الخروج ، العنب)

٢ - التعريق المتوازي parallel venation

تمتاز به نباتات الفلقة الواحد ويندر وجوده في ذوات الفلقين كنبات بلا نتاجوه plantago حيث تظهر العروق الرئيسية موازية لبعضها وتتصل ببعضها بعروق صغيرة . والتعريق المتوازي اما ان يكون عرضيا او طوليا والحالة الاولى تكون العروق متوازية متفرعة من العرق الوسطى الرئيسى كما في الموز اما الحالة الثانية فيكون التعريق مواز لمحور النصل كما في العائلة النجيلية كما توجد حالات وسط بين الشبكي والمتوازي كما في نبات الدفلة .



(شكل ٤٥) شكل يوضح انتشار الاوعية الناقلة
حتى حافة الورقة لامداد الخلايا
النسيج المتوسط الخشب

ترتيب الاوراق على الساق phyllotaxis

تتوقف وتعتمد طريقه توزيع الاوراق على الساق على شكل وحجم الاوراق وعلى كمية الضوء التي يتعرض لها سطحها الذي يقوم بالبناء الضوئي ونظم ترتيب الاوراق للصنف النباتي الواحد ثابت ومنها :-

١ - الترتيب المتبادل او الحلزوني Alternat or spiral

وهو اكثر النظم شيوعا حيث توجد على كل عقده ورقة واحدة وفي ابسط انواعه تقع الورقة التالية على العقده الثانية وضع متبادل مع الاولى ثم تقع الثالثة فوق الاولى كالمشاهد في العائلة النجيلية كالقمح او قد يكون بوجود الورقة الرابعة فوق الاولى والخامسة فوق الثانية كما في نبات الزان Fagus

وكل ورقة تفصل او تبعد عن الورقة التالية بزاوية ثابتة من محيط الدائرة تعرف بزاوية الانفراج Angle of divergence للنبات الواحد

٢ - ترتيب متقابل oppositic

وتوجد على العقدة الواحد ورقتان متقابلتان وعاده توجد على العقدة التالية الورقتان في وضع متعامد مع الورقتين السفليتين وهكذا وتسمى بالتقابل المتصالب decussate كما في نبات الدورنتا Duranta

٣ - ترتيب سوارى او محيطى whorl or cyclic

وتوجد فيه على العقدة الواحد اكثر من ورقتين كما في نبات الدفلة Nerium oleander فتوجد ثلاث ورقات وفي نبات الكازورينا Casuarina فتكون ثمان اوراق حشفيه على العقدة الواحد غالبا

تباين الاوراق Heterophylly

قد يحمل النبات اكثر من نوع من الاوراق مختلفة في الشكل كالمشاهد في نبات الشقيق المائى Raunculus auvalitis فالاوراق المغمورة في الماء مجزاه خيطيه والاوراق العلوية المعرضه للهواء مفصصه كما ان بعض النباتات الصحراوية تختلف اوراقها باختلاف الموسم كنبات السله الذى يكون اوراقا عادية في موسم الامطار تستبدل باوراق صغيره في موسم الجفاف . كما ان بعض النباتات تكون انواع من الاوراق تبعا للعمر ففي القطن تكون الاوراق صغيره قلبيه في المراحل الاولى من عمره ثم تكون الاوراق مفصصه كبيره في المراحل المتقدمه من العمر .

تحورات الاوراق Modifications of leaves

١ - الاوراق الزهرية Flowral leaves

هى الاوراق المكونة لمحيطات الزهره المعرفه بالكأس والتويج والطلع والمتاع وتقوم هذه الاوراق مجتمعه بوظيفه اخرى غير الوظيفة العاديه للاوراق وستشرح في باب الزهره بالتفصيل .

٢ - اوراق تكاثر خضرية

وهى تلك التى يتكون عليها براعم عرضية وتستخدم في الاكثار الخضرى كما في اوراق البرادبوفيليم والودنه والبجونيا

٣ - اوراق شوكيه leafspines

تنمو الاوراق في بعض النباتات الى اشواك للحماية ضد الحيوانات سواء كان التحور للورقه كلها او اجزاء منها كما يفيد هذا التحور في تقليل النتج والأمثلة على ذلك كثيره فالتين الشوكى تتحور الورقة كلها الى شوكه ونبات البربرس تتحور الورقه الى ثلاثة اشواك والسنت تنشأ الاشواك عن اذينات الاوراق ونبات الخشخاش الشوكى تتكون

الاشواك على حواف الاوراق ونبات السيسل قمه اوراقه مسحوبه شوكية الورد تتكون الاشواك على الورقة المركبة في نخيل البلح بعض الوريقات تتحول إلى اشواك

٤ - الاوراق المحلاقية Leaf Tendrils

وتساعد هذه المحاليق النباتات على التسلق والتحور قد يحدث في النصل بأكمله او اجزاء منه ففي البسلة *lathyrus aphaca* يتحور النصل كله وفي بسلة الزهور *Lathyrus odoratus* تتحور بعض الوريقات الطرفية ونبات سميلاكس *Smilax* تتحور الاذنبات . في نبات جلوريوزا تكون قمة الورقة هي المحلاق وفي نبات ابو خنجر والكليماتس يتحور عنق الورقة

٥ - الاوراق العوامه Buoyant leaves

تعمل الاوراق على مساعده النبات على النمو فوق سطح الماء كما في نبات باسنت الماء او ورد النيل *Eichornia* حيث تنتفخ اعناق الاوراق وتمتلئ الأنسجة بالهواء

٦ - اوراق مخزنه Storage leaves

تقوم بعض النباتات بتخزين الماء في اوراقها او اجزاء من اوراقها ففي الرطريط *Zygophyllun* يخزن الماء في اعناق الاوراق والحي علم *Mesembyan the mam* يخزن الماء في الاوراق حيث تحتوى على خلايا برانشيمه مخزنه للماء *Hydrenchyma* والتي تمتاز بكبر حجمها ورقة جذرها وخلوها من البلاستيدات الخضراء .

ويلاحظ في نبات ديشيديا *Dischidia rafflesia* وجود نوعين من الاوراق ، نوع عادى ونوع آخر دورقى الشكل له فوهات ضيقه يتجمع فيها الماء الناتج من تكثيف بخار الماء الناتج من النتج

وفي الابصال تعتبر قواعد الاوراق العصارية الموجوده على الساق القرصية اوراق مخزنة للغذاء يستعملها النبات في موسم النمو التالى

٧ - اوراق ممتصه للماء Water absorbing leaves

بعض النباتات كنبات تيلاندسيا *Tillandsia usneoides* له القدره على امتصاص بخار الماء من الجو بواسطه اوراقه حيث تظهر عليها شعيرات تمتص الماء

٨ - اوراق قانصة للحشرات Lnssect Trapping leaves

النباتات آكله الحشرات *Insectivorous leaves* لها اوراق خاصة متحوره لجذب وقنص الحشرات والحيوانات الصغيره ثم هضمها بأفرازات هاضمة محله للبروتين ثم تمتص نواتج عملية الهضم وتلك النباتات تحتوى اوراقها ايضا على كلورفيل يقوم

بعملية التمثيل الضوئي وتكوين كربوهيدرات وتعتمد على الحشرات في الحصول على الأزوت ومن هذه النباتات :

١ - نبات ورد الشمس *Drosera* :

وانصال اوراقه قرصية مغطاه بزوائد طويلة حساسة *tentacles* غديه دبوسيه الشكل طويلة عند الاطراف قممتها تفرز مواد حامضية لزجة تحتوى على انزيمات هاضمة وعند ملامسة الحشره لتلك الزوائد تلتصق بها وتنحنى كل او بعض الزوائد الحساسه عليها كما ينحنى نصل الورقة لاحكام الامساك بالحشره ويتم القتل والهضم والامتصاص

(ب) نبات حامول الماء *Utricularia*

يكثر هذا النبات في المصارف وحقول الارز تتحور بعض اجزاء الورقة الى مثانه لها فتحة وصمام يفتح للداخل فقط تدخلها الحشرات والحيوانات المائية بفعل التيارات المائية ولا تتمكن من الخروج مره اخرى حيث يتم القتل والهضم والامتصاص

(جـ) نبات خناق الذباب *Dionaea*

في هذا النبات يتورق العنق مكونا مصراعين متحركان حول العرق الوسطى مهيان للاقتناص فعلى كل منها غدد افرازية منتشرة وثلاث زوائد حساسه وصف من الاشواك على الحافة وعند ملامسه الحشره لتلك الزوائد ينطبق المصراعان عليها ثم يفرز الغدد الانزيمات الهاضمة وتمتص نواتج الهضم

(د) نبات الجره *Nepenthes*

التحور الحادث في هذا النبات يكون في قاعده الورقة حيث تتورق كما ان عنق الورقة يصبح محلاقيا . والجزء الطرفى من العنق يصبح على شكل جره ويتحول النصل الى غطاء للجره وتغطى الجدر الداخلية للجره بماده شمعية ملساء وشعيرات متجه الى اسفل وغدد مفرزه لماده سائله تملأ حيز من الجره وكمية من ماء الامطار وقد يصل حجمه الى ربع جالون وعلى حافة الجره ماده عسلية لزجة لجذب الحشرات فتتزلق للداخل حيث تسقط ونهضم

التركيب الداخلى للورقه

تعتبر الاوراق من الوجه التشريحية امتداد جانبى للساق ولذا نجدها تشمل معظم الانسجة الموجودة به

اولا : تشريح نصل ورقة من ذوات الفلقتين Anatomy of dicot Leaf

١ - البشرة

ويوجد بشره عليا وبشره سفلى تتميز خلاياها بانها متراصه لاتترك مسافات بينية الا في مواضع الثغور وتختلف توزيع الثغور من حيث العدد في البشرة العليا عنها في السفلى حيث تقل على السطح العلوى وقد تغطى البشرة بطبقة من الكيوتكيل ويختلف ايضا السمك حيث يكون في الطبقة العليا اكبر منها في السفلى

٢ - النسيج المتوسط Mesophyll وهو النسيج الاساسى فى الورقة ويتميز الى نسيجين يعرف الاول باسم النسيج العمادى palisade tissue ويعرف الثانى باسم النسيج الاسفنجى spongy tissue وتتميز خلايا النسيج العمادى بأنها انبوبية متعامدة على البشرة جدرها رقيقة تحتوى بداخلها على بلاستيدات خضراء بكميات كبيره

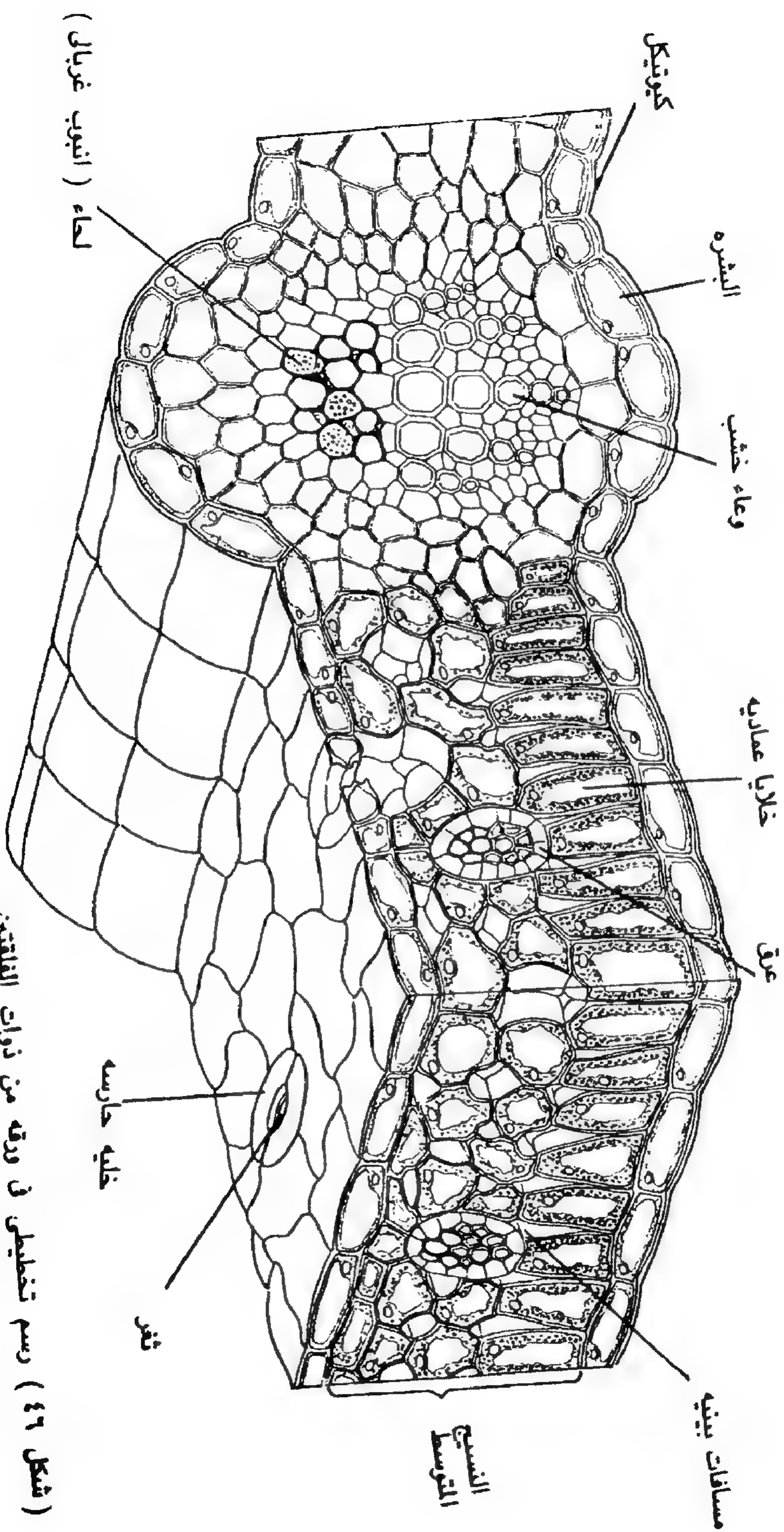
اما النسيج الاسفنجى فهو يلى النسيج العمادى وخلاياه غير منتظمه الشكل بينها مسافات بينية واسعه وتحتوى على بلاستيدات باعداد اقل من خلايا النسيج العمادى ولذا يظهر السطح السفلى اقل اخضراراً من السطح العلوى .

كما توجد خلايا يطلق عليها الخلايا المجمعه Collecting cells تستقبل ناتجات عمليات البناء الضوئى لتوصيلها الى غلاف الحزمه الوعائيه حيث تنتقل بعد ذلك الى النسيج الوعائى .

ويختلف الامر فى منطقه العرق الوسطى حيث توجد خلايا كولنشيمية اسفل البشرة العليا واعلى البشرة السفلى للمساعده فى التدعيم

٣ - الانسجة الوعائيه

تتكون الحزمه الوعائيه من الخشب جهة السطح العلوى واللحاء جهة السطح السفلى ويتشابهان مع مايوجد منها فى الساق واكبر حزمه وعائيه فى الورقة موجوده فى العرق الوسطى وتتفرع وتتشابك الحزم الوعائيه لتصل الى جميع اجزاء النصل حتى يتم النقل والتوصل بكفاءه عاليه .



(شكل ٤٦) رسم تخطيطي في ورقة من ذرات الناقطين

ثانيا : تركيب نصل ورقه من ذوات الفلقه الواحدة Anatomy of Monocot Leaf

١ - البشرة

تتكون البشرة عادة من مرتفعات تسمى مصاطب Ridges بينها منخفضات او قنوات Furrows . وخلايا منطقته المنخفضات تكون كبيره وجدرها رقيقة قليله في الكيوتين ويطلق على تلك الخلايا بالخلايا الاله Roll Cells او المحركه Motor Cells حيث تعمل على التفاف الاوراق في حاله حدوث جفاف كما توجد الثغور على البشرة العليا والسفلى موزعه في صفوف في محازاه المحور الطولى للورقه .

٢ - النسيج المتوسط

يتكون من خلايا كلورنشيديه ذات خلايا متساويه في اقطارها تقريبا بينها مسافات بينيه .

٣ - الانسجه الوعائيه :-

الحزم في نباتات ذوات الفلقه الواحده متوازيه والعرق الوسطى يكون اكبرها وقد لا يمكن تميزه . والحزم جانبيه مقفله والخشب يكون في جهه السطح العلوى على شكل حرف V او M ويتجه اللحاء جهه السطح السفلى وتحاط الحزمه نسيج ليفى عاده وقد يمتد النسيج ويصل الى البشريتين او الى البشرة السفلى كالمشاهد في ورقه القمح وغيرها .

النتح Transpiration

أو فقد الماء من النبات

loss of water from plants

من المعلومات العامة مايقال من ان الماء شرط أساسى لبقاء وتكوين كل النباتات ومايقال أيضا من ان معظم النباتات تحتاج الى الماء بمقادير كبيرة ومع ذلك فليس من المسلم به عادة ان الكمية الكبيرة الفائضة من الماء التى تمتصها معظم النباتات من التربة تفقدها فى الهواء الجوى وربما يرجع عدم تعميم هذه الوقائع الى الحقيقة القائلة بأنه بينما يحتاج النبات الى الماء فيمتص فى صورته السائلة المألوفه ، فإن الجانب الأكبر منه يفقده على هيئة غير مرئية من بخار الماء .

ويسمى فقد النبات الحى لبخار الماء باسم النتح ويحدث فقد الماء من أى جزء من النبات معرض للهواء وحتى الجذور تفقد بخار الماء اذا لامست هواء التربة . ومع ذلك يمكن القول عموما ، بأن الأوراق هى الأعضاء الأساسية التى تقوم بعملية النتح وقد يؤدى النتح الزائد الى تهديد حياة النبات فقد وجد ١٩١٢ Balls أن نباتات القطن فى مصر تقف عن النمو فى أيام الصيف بل وقد تنكمش السيقان انكماشاً طفيفاً وأن وقف النمو وانكماش الساق يعزى إلى زيادة النتح كما وجد «بولز» أن ازالة الأوراق بقصد تقليل مساحة السطح الناتج الى الربع يؤدى الى عودة الساق الى نموها الطبيعى .

وفقد النبات عن طريق النتح كميات كبيرة جداً من الماء فقد قدر أن النبات الواحد من القمح يفقد ٢٠٠ لتر من الماء مده حياته وان مايفقده فدان منزرع بالقطن فى مصر يقدر بخمسين طناً من الماء فى اليوم الواحد ، وان نباتاً واحداً من الذرة يفقد من الماء طول حياته مامقداره ٢٤٣ لتراً .

من ذلك نرى ان النبات يفقد من الماء أضعاف وزنه ولا يحتفظ داخل أنسجته الا بما يكفيه للقيام بوظائفه .

ولكى تحافظ النباتات على محتوائها المائى فانه يلزم ان تمتص من الماء اكثر قليلاً مما تفقد وتحتفظ بالفرق لبناء الأعضاء الجديدة وهذا غير ميسور فى كثير من الأحيان وأن معدل الفقد قد يفوق فى بعض الأحوال معدل الأمتصاص وقد يظن ان كثره النتح تشجع او تزيد من معدل الأمتصاص للماء من التربة ولكن التجارب التى اجراها العديد من العلماء Mc. lean (١٩١٩) Part (١٩٢٣) Parker (١٩٢٧) وآخرون أثبتت ان زيادة النتح تزيد من معدل الأمتصاص الى درجة معينة وبعدها لا ترتبط زيادة النتح بزيادة الأمتصاص .

وقد يتساءل البعض عن مدى فائده عملية النتح التى تهدد حياة النبات دائما بالذبول والفناء وللإجابة على هذا السؤال نقول ان النتح يعمل على تبريد سطح النبات ويذا ينمو النبات من أثر الحرارة اللافع خصوصا فى اوقات الصيف وقد يكون هذا التفسير صحيحاً فيما يختص بالنباتات العادية او نباتات البيئة المتوسطة Mesophytes الا أن ذلك لاينطبق على نباتات البيئة الجافة Xerophytes كنباتات الكاكتس Cactix التى لها تركيب خاص وتحوّرات تساعد على تقليل النتح الى أقل درجة ممكنة لتفادى الجفاف ومع ذلك فإن أنسجتها الداخلية تتحمل درجات من الحرارة تفوق كثيرا درجة حرارة الجو الخارجى .

وفى الواقع أن سبب موت الاوراق عند ارتفاع درجة الحرارة وقله الماء يرجع الى فقد بروتوبلازمها للماء وليس الى ارتفاع درجة حرارتها وعلى ذلك تعمل النباتات الصحراوية على تفادى النتح او تقليله بوسائل مختلفة منها سمك طبقة الكيوتين التى تغطى البشريه ووجود الثغور فى تجاويف عميقة مغطاه لشعيرات لتفادى النتح المباشر

وقد يظن أن من فوائد النتح أنه يعمل على جلب كميات كبيرة من الأملاح الغذائية الذائبة فى محلول التربة التى تدخل فى عمليات البناء فى النبات ، الا انه قد ثبت أن امتصاص وانتقال الأملاح الغذائية فى النبات يتبع قوانين خاصة غير تلك التى تتحكم فى امتصاص وانتقال الماء ، وانه لاتوجد علاقة بالمرّة بين معدل النتح وكمية الأملاح الممتصة .

أذن فلماذا يحدث النتح ؟ والأجابة الوحيدة على هذا السؤال أن الورقة مهيأة اساساً للقيام بعملية البناء الضوئى وانه لكى تتم هذه العملية الأساسية فى حياة النبات فلا بد ان يحدث تبادل للغازات فيدخل ثانى اكسيد الكربون ويخرج الأكسجين وحيث ان هذا لا يتم الا عن طريق الثغور فإن عملية فقد الماء من الثغور لا يمكن تفاديها .

ورغم ان الجزء الأكبر من الماء المفقود على هيئة بخار يأخذ طريقه للجو الخارجى عن طريق الثغور الموجودة بالورقة والتى تتحكم فى كمية الماء المفقود الا ان هناك كمية اخرى من الماء الذى يفقد عن طريق جدر خلايا البشريه خلال طبقه الأدمة .

انواع النتح :

يسمى الماء المفقود على هيئة بخار ماء عن طريق الثغور بالنتح الثغرى Stomatal Transpiration والماء المفقود عن طريق خلايا البشرة خلال منطقة الأدمة بالنتح الأدمى Cuticular Transpiration ومن المعروف ان الاوراق هى أنسجة النتح الرئيسية وقد يتم فقد بخار الماء عن طريق العديسات Lenticels الموجودة في الثمار والسيقان الخشبية ويسمى هذا النوع من النتح بالنتح العديس Lenticular Transpiration ويعتبر من الاساس لدراسة عملية النتح معرفة تركيب وتشريح ورقة النبات حتى يتسنى معرفه ميكانيكية النتح .

والنتح الأدمى هو تبخر الماء من النبات عن طريق الأدمة او البشرة وهو كبير الأثر في الاوراق الصغيره وبشره السوق الغضه حيث تكون مغطاه بطبقة رقيقة من الكيوتين ، حتى اذا مازاد سمك هذه الطبقة قل معدل النتح او انعدم نهائيا وعلى العموم فهو في أحسن حالاته لاتزيد قيمته عن ٣ ٪ من مجموع مايفتحه النبات .

اما النتح الثغرى فهو كما ذكرنا سالفاً تبخر الماء من النبات عن طريق الثغور وهو اهم انواع النتح إذ هو المسئول عن ٩٧ ٪ أو أكثر من مجموع مايفقده النبات من الماء .

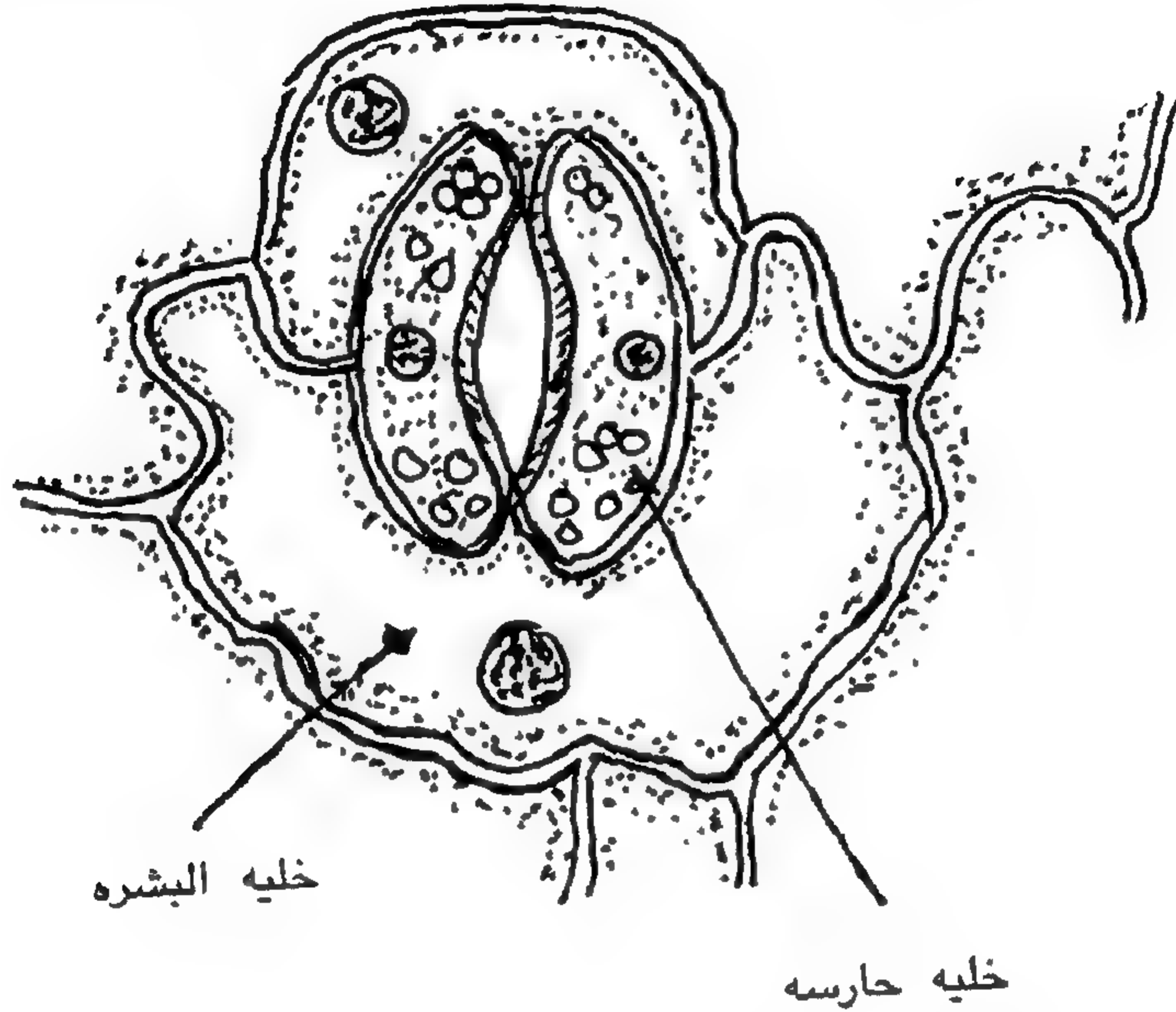
وقد ينعكس الوضع في بعض النباتات فيزيد النتح الأدمى عن النتح الثغرى وتشاهد هذه الحالة في نباتات الغابات الممطرة التى تعيش في جو شديد الرطوبة ولها أدق غاية في الرقة .

وتختلف العوامل التى تحكم هذه النوعية من النتح اختلافاً كبيراً فالعامل الأساسى الذى يحدد النتح الأدمى هو درجة نفاذية الأدمة أو البشرة ، اما في النتح الثغرى يتكون من عمليتين - الأولى هو تبخر الماء من جدر الخلايا المبطنة للغرفة الهوائية ، والثانية هى خروج بخار الماء المتكون في هذه الغرف عن طريق فتحة الثغر . من ذلك يتضح أنه اذا لم تتم العملية الثانية فإن هواء الغرفة الهوائية يصبح مشبعاً بالرطوبة ويقف تبخر الماء من جدر خلايا نسيج الميزوفيل المحيط بالغرفة الهوائية ويحدث العكس عندما يفتح الثغر فيسهل الانتشار ، فتقل نسبة الرطوبة في هواء الغرفة وبذلك تزداد بسرعة تبخر الماء من هذه الخلايا .

ومن أهم الحقائق الفسيولوجية عن الثغور انها تفتح أحياناً ، وتغلق أحياناً أخرى فإن ظلت مفتوحة فانها تستغل كمر يتم خلاله تبادل الغازات بين المسافات البينية في الورقة وبين الهواء الجوى المحيط بها وان بقيت مغلقة هبطت بشده عملية تبادل الغازات بين الورقة ووسطها الخارجى .

تركيب الثغور

الثغور ثقب دقيقة توجد في بشرة النبات ويحاط الثغر بخليتين متميزتين من خلايا البشرة يطلق عليها الخلايا الحارسة Guard Cells وتمتاز الخلية الحارسة عن باقي خلايا البشرة باحتوائها على المادة الخضراء وبظهور تغليط غير متساوى على جدرانها



(شكل ٤٧) رسم تخطيطي لمنظر علوى للثغور الخلايا الحارسة واتصالها لخلايا بشرة الورقة

والخلية الحارسة في منظم النباتات ذوات الفلقتين يتغلط جداريها العلوى والسفلى حيث يكونان غاية في السمك في الوسط ثم يتدرج التغليط في القله الى النهايتين ويبقى الجدار الخلفى الفاصل بينها وبين خلية البشرة الملاصقة رقيقاً ، كما تظل رقيقه نقطه الاتصال بين طرفى الجدارين العلوى والسفلى والتي تحد فتحة الثغر .

ويفتح الثغر عند امتلاء الخلية الحارسة بالماء فيتمدد البروتوبلازم ويضغط أشد مايكون على الجدار الرقيق الخلفى فينبعج هذا الجدار في خلية البشرة المجاورة حتى اذا ماوصل انبعاج الجدار الى أقصى حد تسمح به مرونته تتحرك نقطتا الاتصال بين الجدار الخلفى والجدارين السميكين العلوى والسفلى فيتمدد الجزء الرقيق عند نقطه اتصال هذين الجدارين بعد أن كان مدبباً وبذلك يفتح الثغر ويحدث العكس عندما يقفل الثغر نتيجة لفقد الخلية الحارسة للماء فيتقابل طرفا الجدارين العلوى والسفلى ويتدبيان وتقفل بذلك فتحة الثغر .

كيف ينتج النبات :

إذا فتح الثغر وكانت العوامل الجوية مواتية لتبخر الماء فإن جدر خلايا الموزقيل الواقعة حول الغرفة الهوائية تفقد بعضاً من مائها إلى الغرفة الهوائية ومنها إلى الجو الخارجى ، فتحاول استعادة تشبعها من الخلايا المجاورة لها بالتشرب وهكذا إلى أن تصل إلى أوعية الخشب وبذلك تسرى موجة من جذب ماء التشرب أولها الجدر الخلوية للخلايا المحيطة بالغرفة الهوائية وآخرها الوعاء الخشبى وتحدث موجة جذب أخرى للماء بواسطة قوة الأمتصاص للخلايا .

فإذا تصورنا أن الماء موجود في النبات على شكل خيط شعري نهايته في خلايا الجذر الملاصقة للتربة وأوله في جدر خلايا الميزوفيل المحيطة بالغرفة الهوائية فإن ما جذب أوله فإن خيط الماء يظل متصلاً ويتحرك من التربة إلى أعلى .

حجم وتوزيع الثغور :

تختلف اتساع الثقب الثغرى اختلافاً كبيراً تبعاً لنوع النبات ، كما تختلف الثغور التي على النبات الواحد فيما بينها ، والثغوب دائماً دقيقة جداً ، ومهما يكن ذلك فابعادها تقاس بواحدات الميكرون .

ومع ما يبدو من دقة هذه الفتحات بالنسبة للقيم التي يقيسها الإنسان ، فإنها تعتبر كبيرة جداً إذا قورنت بحجم جزيئات الغاز التي تنتشر من خلالها ، فلقد وجد بالحساب أن قطر جزيء الماء يبلغ ٤٥٤ من الميكرون فإذا وضع أكثر من ٢٠٠٠ جزيء من الماء بعضها بجوار بعض فإن طولها يبلغ ميكروناً واحداً وجزيئات ثاني أكسيد الكربون والأكسجين أكبر من جزيئات الماء وغالباً ماتفوق الأقطار الثغرية الميكرون الواحد ، لذلك يبدو واضحاً أن الثغور تستطيع ، بسهولة كبيرة نسبياً أن تمرر جزيئات الغاز التي تنتشر من خلالها .

وفي العادة يتراوح عدد الثغور التي توجد على بشره الورقة لكل سنتيمتر واحد مربع منها ، من بضعة آلاف إلى أكثر من بضع مئات الألوف بمتوسط حوالى ١٧٠٠٠ ثغر لكل سم^٢ ، ولقد قدر أن النبات الواحد من الذرة يحمل من ١٤٠ إلى ٢٤٠ مليون ثغر وبالرغم من أن الثغور تمثل هذا التوزيع الكبير إلا أنها صغيرة جداً لدرجة أنه عند تمام أنفتاحها تشغل ١ - ٢ ٪ من سطح الورقة الكلى ولا يختلف عدد الثغور في وحدة مساحة الورقة باختلاف الصنف فحسب بل وبالاختلافات البيئية وتوجد الثغور على السطح السفلى فقط للأوراق في عديد من الأنواع التي تشمل معظم النباتات الخشبية ولكن في أنواع كثيرة أخرى توجد على كلا السطحين وقد توجد على السطح العلوى فقط كما في النباتات المائية الطافية على سطح الماء .

ميكانيكية فتح وقفل الثغور :

من المعروف ان عملية فتح وقفل الثغور تحدث نتيجة لامتلاء وعدم امتلاء الخلايا الحارسة .وقد وضعت العديد من النظريات لتفسير ظاهرة امتلاء الخلايا الحارسة وعدم امتلائها ومن امثلتها النظرية الازموزية ومؤداها أن الخلايا الحارسة اثناء النهار تقوم ببناء السكريات نظراً لاحتوائها على المادة الخضراء وهى الكلورفيل وبذلك يزيد ضغطها الازموزى وبالتالي تزيد قوة امتصاصها الازموزية عن خلايا البشرة المجاورة فتقوم بامتصاص الماء وتمتلا به وتنفخ الخلايا الحارسة وبذلك ينفتح الثغر وفى الليل يتحول السكر الى نشا او قد ينتقل السكر من الخلايا الحارسة الى خلايا البشرة المجاورة كما يحدث عادة اثناء الظلام وبذلك تقل قوة الامتصاص الازموزية للخلايا الحارسة وتفقد الماء الذى ينتقل الى خلايا البشرة المجاورة فتتكشف الخلايا الحارسة ويفلق الثغر ومن المهم معرفه ان عملية تحول السكر الى النشا والعكس عملية حيوية تتحكم فيها كثير من الانزيمات ولا بد من الاشارة الا ان نظرية الازموزية لم يثبت صحتها تماما فى جميع الحالات لان بعض الخلايا الحارسة كما فى حالة الدورانتا المبرقشه لاتحتوى على بلاستيدات خضراء وبذلك لايمكنها القيام بعملية التمثيل الكربونى وهناك نظرية أخرى تفسر عملية فتح وقفل الثغور وهى نظرية الحموضة وتأثير الرقم الايدروجينى على تركيز السكر بالخلايا الحارسة حيث قد ذكر ان بزيادة الحموضه تنشط انزيمات تحول السكر الى نشا فيقل الضغط الازموزى بالخلايا الحارسة فتفقد الماء ويفلق الثغر حيث تزداد الحموضة بهذه الخلايا عادة فى الظلام لتراكم حامضى الكربونيك (ك أ٢ ناتج عملية التنفس) وبانخفاض الحموضة كما يحدث اثناء عملية التمثيل الضوئى التى تستغل ك أ٢ فيحول النشا الى سكر الجلوكوز المفسفر وبذلك يزداد الضغط الازموزى بالخلايا الحارسة وتمتص الماء فتنفخ وينفتح الثغر .

العوامل المؤثرة على معدل الفتح : Factors affecting the rate of transpiration

العوامل الخارجية والداخلية لها تأثير كبير فى معدل النتح واهم العوامل الخارجية هى الرطوبة النسبية وحركة الهواء والحرارة والضوء اما العوامل الداخلية فأهمها المحتوى المائى لخلايا الميزوفيل والجهاز الثغرى .

اولا : العوامل الداخلية :-

١ - الجهاز الثغرى :

عندما تكون الأدمة غير منفذه للماء فتكون فتحة الثغرى هي الطريق الوحيد الذى يخرج منه بخار الماء فى عملية النتح ولذلك فهى من أهم العوامل التى تؤثر فى معدل وطبيعى أنه كلما زاد عدد الثغور زاد معدل النتح بشرط عدم التداخل ، ويجب ملاحظة ان الاوراق الصغيره يكون معدل النتح فيها اعلى منه فى الاوراق الكبيره لنفس النبات وذلك راجع الى احتواء الوحدة المربعة من الاوراق الصغيره على عدد اكبر من الثغور لنفس الوحدة فى الاوراق الكبيره ، هذا بغض النظر عن ارتفاع قيمة النتح الأدمى فى الاوراق الصغيره .

٢ - المحتوى المائى لنسيج الميزوفيل :

يأخذ معدل النتح فى الزيادة كلما تقدم النهار حتى يصل الى اقصاه حوالى الظهر ثم يتناقص . ونجد ان معدل التبخير يأخذ فى الزيادة لبضع ساعات أخرى بعد الظهر قبل أن يبدأ فى النقصان والسبب فى ذلك هو اختلاف تركيب السطحين ذلك ان الماء يوجد فى النبات على شكل خيوط مائية شعرية فى جدران الخلايا ، فاذا تبخر الماء من أطرافها تراجع فى الخيوط الشعرية وزاد تقعر سطحه وازداد تبعاً لذلك توتره السطحى وقلت مقدرة الماء على التبخر . وهذا يفسر بدء نقص معدل النتح تحت ظروف لاتزال ملائمة لعملية التبخير من الأسطح المائية المعرضة وعندما يرتفع معدل النتح ويجاوز معدل امتصاص النبات للماء ينقص المحتوى المائى للورقة تدريجيا وتزداد درجه تقعر نهايات الخيوط المائية كما يزداد قيد الماء بغرويات الخلية وجدرها فينخفض تبعاً لذلك فقد الماء من خلايا الورقة تدريجيا ويقل النتح إلى درجه كبيرة .

١ - الرطوبة النسبية فى الجو : Humidity of the air

ويمكن التعبير عنها بالرطوبة المطلقة absolute humidity أونقطة التشبع أو ضغط البخار وتعنى الرطوبة النسبية كمية بخار الماء الموجود فى حجوم معينة فى اى وقت منسوبة الى مايمكن ان يوجد منه اذا ماشبعت هذه الحجوم ببخار الماء فى نفس درجة الحرارة .

وعند ثبات درجة الحرارة فان معدل النتح يزداد عند نقص الرطوبة فى الجو لقدرة الهواء على التشبع بكميات اضافية من الرطوبة

٢ - الرياح : Wind

تسبب الرياح عادة النتح وذلك لانها تزيل بخار الماء المجاور للأسطح الناتحة وتؤدي الى زيادة الفرق بين ضغط بخار الماء في أنسجة النبات والهواء الخارجى المحيط به .

٣ - الحرارة Temperature

بازدياد درجة الحرارة يزداد معدل النتح وذلك لانها تزيد من فرق ضغط بخار الماء من أنسجة النبات عن الهواء .

٤ - الضوء : Light

يحكم الضوء فتح الثغور وغالبا ماتكون معظم الثغور مغلقة اثناء الظلام ومن ثم فأن معدل النتح اثناء الليل يقل بدرجة كبيره عن معدل النتح فى النهار .

فوائد النتح :

رغم مايفقد من طاقة فى تبخير الماء المفقود ويسبب فقد النبات للماء فى بعض الأحيان من أضرار ملموسة الا ان النتح يعتبر من العمليات الهامة جداً بالنسبة لاستمرار حياه النبات فعن طريق النتح يمتص النبات أغلب الكمية اللازمه له من ماء التربة وعن طريق الحرارة المفقودة فى تبخير الماء يستطيع الماء ان يعدل درجة حرارته وخاصة فى الأجزاء شديده الحرارة كما وان هناك احتمالات صغيره لامتناس النبات لبعض المواد الغذائيه الذائبه بمحلول التربة والتي تنتقل انتقالا سلبيا (بدون بذل طاقة) لداخل النبات وذلك نتيجة لكبر كمية الماء الممتص اثناء النتح .

التوازن المائى فى النباتات

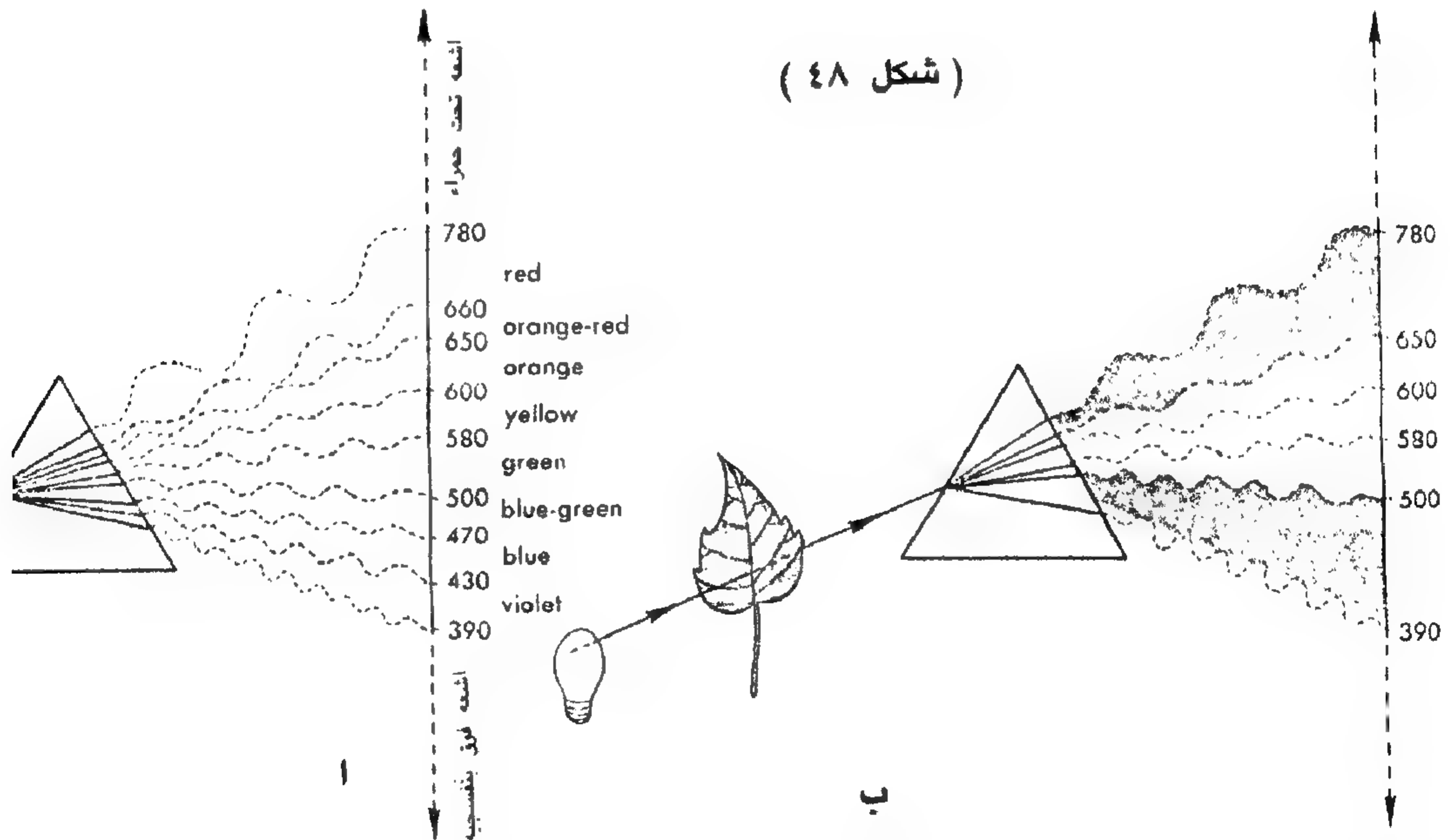
يتضح مما سبق ان المحتوى المائى الداخلى فى النبات يتوقف على عاملين اساسيين هما : أمتصاص النبات للماء وفقد هذا الماء عن طريق النتح فزيادة معدل النتح عن معدل الأمتصاص يتسبب عنها نقص فى المحتوى المائى الداخلى للنبات وينتج عنه حاله تعرف بالذبول Wilting

وهناك نوعان من الذبول اولهما الذبول المؤقت Transit wilting او الذبول العابر وهي ظاهرة مألوفة خصوصا في المناطق الحارة الجافة او أثناء اشتداد الحرارة في أغلب المناطق المعتدلة ، حتى في الفترات التي تحتوى فيها التربة على قدر كاف من الماء ، وينشأ هذا النوع من الذبول عادة عن زيادة مؤقتة في معدل النتج عن معدل الأمتصاص ويمكن ملاحظتها بوضوح في ذبول اوراق كثير من الأنواع النباتية بعد ظهر أيام الصيف الحارة ثم استعادة امتلائها قرب الغروب واثناء الليل حتى ولو لم تزود مثل هذه النباتات بماء الرى .

وثانيهما : الذبول الدائم permanent wilting وهذا النوع لايشفى الا اذا زاد المحتوى المائى للتربة وغالبا مايؤدى استمرار النباتات في حالة الذبول الدائم لعدة أيام قليلة الى موت الشعيرات الجذرية نتيجة لنقص الماء ، الأمر الذى يؤدى الى ببطء شفاء كثير من النباتات حتى ولو زودت تربتها بالماء .

الضوء والطاقة الضوئية Light and its Energy

يجب ان نلم بالمعلومات الاساسية للخواص الطبيعية للضوء والأنواع الأخرى من الطاقة الإشعاعية لكي نفهم عملية البناء الضوئي photosynthesis فهما صحيحاً ، وكذلك بناء وخواص الكلورفيل وكثير من العمليات البنائية الأخرى والطاقة الإشعاعية كما يبدو من بعض خواصها ، تنتشر في الفضاء على صورة أمواج متذبذبة وضوء الشمس العادى او الضوء الأبيض « الصادر من أى مصدر صناعى يبدو متجانساً للعين البشرية ، ولكن بعد امراره فى منشور فإنه يبدو كطيف من الألوان وترتيب الألوان الواضحة لطيف أشعه الشمس هو الأحمر ، البرتقالى ، الأصفر ، الأخضر الأزرق المزرق ، الأزرق البنفسجى ويقابل كل لون من هذه الألوان مجال مختلف من أطوال الأمواج الضوئية



١ - يمر الضوء الابيض خلال المنشور الزجاجى فيخرج محللاً الى موجات من ٣٩٠ ملليمكرون الى ٧٨٠ ملليمكرون

ب - عند مرور شعاع الضوء خلال ورقه نبات موضوعه قبل المنشور نتج عن ذلك شرائط مظلمه فيما بين ٣٩٠ - ٥٠٠ ملليمكرون وفيما بين ٦٥٠ - ٧٤٠ ملليمكرون - مما يدل على ان الكلورفيل قد امتص الضوء عند هذه الاطوال الموجيه .

ويتراوح طول الأمواج التي تسبب الأحساس بالضوء بين حوالى ٣٩٠ ملليميكرونا الى حوالى ٧٦٠ ملليميكروناً .

ويكون الضوء المرئى جزءاً صغيراً من طيف الطاقة الأشعاعية وتصل طوال الموجه للمنطقة الطويلة للأشعة تحت الحمراء أو «الأمواج الحرارية» الى حوالى ١٠٠,٠٠٠ ملليميكرون اما الأمواج الكهربائية فهي أطول مدى اذ يبلغ طولها كيلومتراً او اكثر وتقع الأمواج التي تستعمل فى الأذاعة فى هذا الجزء من الطاقة الأشعاعية .

وتقع منطقة الأشعة فوق البنفسجية قبل منطقة الضوء المرئى فى مجال الطاقة الأشعاعية وتهبط أطوال موجاتها الى ١٠ ملليميكرونات أما أشعه (X) فهي أقصر من ذلك (١. و ١٠ ملليميكرونات)

ولاتصل جميع هذه الأنواع من الأطياف بكميات متساوية الى الأرض ، لان هناك مرشحات فى الغلاف الشمسى والغلاف الأرض للطاقة المستمدة من الشمس سواء كانت الطاقة ضوئية او حرارية وهذه المرشحات تتركز فى ثلاث عوامل .

أ - بخار الماء

ب - ك أ ٢ ثانى اكسيد الكربون

والأثنين يقوما بترشيح او حجز كثيرا من الموجات الحرارية ال inferared

ج - الاوزون أ

وهذا الغاز يقوم بامتصاص اغلب الأشعة الكونية وايضا اغلب اشعه جاما X Rays وبعض من الأشعة فوق البنفسجية V . U وان كان جزءا منها أيضا يمتص او يحجزه بخار الماء .

ويلاحظ من الرسم السابق (شكل ٨) الملاحظات التالية :

١ - اكثر هذه الأنواع طاقة هي الاشعة الكونية واقلها فى الطاقة هي الاشعة الكهربائية Radiowave .

٢ - ان الموجات القصيره جداً تتميز خطورتها البالغة على الكائنات والخلايا الحية حيث تسبب دماراً فى الانسجة المختلفة وخاصة أنسجه البروتين وبالتالى فإن عملية حجز موجاتها عن طريق الاوزون وبخار الماء تعتبر بمثابة عملية حيوية اساسية لاستمرار الحياة .

٣ - يلاحظ أيضا ان الموجات فوق البنفسجية V . U تسبق الضوء المرئى مباشرة وهي لها استعمالات خاصة وهامة ستذكر فيما بعد .

٤ - الضوء المرئى والذي يقصد به انه يمكن للعين المجردة رؤيته يتراوح طوله من 400 - 700 m. وهذا متوسط عام فهناك من يستطيع ان يرى موجات قد تقصر او تزيد عن ذلك .

- ٥ - يلي الضوء المرئى ال inferared وهى الأشعة تحت الحمراء وهى اساسا موجات حرارية وكما ذكرنا سابقاً ان كثيراً من هذه الموجات تمتص فى الغلاف الارضى .
- ٦ - اشعه ال Radiowave وهى موجات طويلة قد فقدت القدرتين الضوئية والحرارية لانه كلما طالت الموجه قلت الطاقة .
- ٧ - الأشعة القصيره مثل اشعه جاما تستعمل مع أسلحه الدمار المختلفه وأشعه X تستعمل لمعرفه تركيب DNA، RNA وأغراض بيولوجية أخرى مثل التعقيم الجنىسى ، والتعقيم هو عملية قتل الميكروبات وانتاج سلاسل جديدة من الكائنات الحية سواء نباتية او حيوانية او أنسانيه حيث انه عند سقوط هذه الأشعه المحملة بكميات كبيره من الطاقة نجد انها تؤثر على الكروموزومات مسببه حدوث طفرات لها ، ونجد أيضا ان الأشعه القصيره بعضها يستعمل فى استخدامات طبيه مثل X Rays وأيضا تستعمل فى حفظ الأغذية وكذلك تستعمل فى Rays جاما حيث تمنع تحلل الصبغات اذا استعملت بمقادير معينه وكذلك تستخدم الانه فى علاج السرطان .

استعمالات الأشعه فوق البنفسجية U.V .

- أ - تستعمل اساساً فى التطهير .
- ب - تستعمل فى الكشف عن المركبات الكيميائيه المختلفه وتعريفها وكذلك الهرمونات النباتية لان جميع البروتينات والصبغات البروتينية تمتص اساساً فى ال U.V هناك ابحاث حديثه تشير الى انه لابد ان هناك دوراً حيوياً هاماً تقوم به ال U.V عن طريق تشبعها بالصبغات والبروتينات النباتية ، فنجد ان الاكسينات والجيريلينات والصبغات البروتينية المختلفه داخل الخلية وكذا الأحماض النووية تحدث لها تنشيط كيمائى عند تعريضها ال U.V وهى أقل خطوره من XRays وأغلب استعمالاتها ، استخدامات كيميائيه لان كل المواد القطبية وذات الشحنات تمتص هذه الأشعه وتعتبر من أهم طرق معرفه تركيزات الهرمونات النباتية . وهناك صبغات متخصصه فى النبات لامتصاص واستخدام U.V وتستخدم أيضا فى تعقيم أدوات زراعة الأنسجة وغيرها .

مما سبق يتضح ان النبات الأخضر النامى ماهو الامصيده ذات كفاءه عاليه للطاقة الضوئية ولما كان الانسان يستمد غذائه عن طريق النبات او عن طريق المخلوقات التى تتغذى على النبات فإنه بذلك يتوقف استمرار وجوده على استمرار تواجد الطاقة الضوئية الا ان هناك بعض الشواذ مثل انواع من البكتريا تستمد الطاقة اللازمه لها عن طريق اكسدة بعض المركبات مثل مركبات الحديدوز Fe^{++} الى حديدك Fe^{+++} وغيرها من المواد المستعمله لمثل هذه الأغراض .

الشمس كمصدر للطاقة :-

تعتبر الشمس كقنبلة هيدروجينية حيث انه يتم بها اتحاد ٤ ذرات هيدروجين لانتاج ذره واحده من الهليوم $4H \leftarrow He$.

ولما كانت كتله كل من ذرات الهيدروجين تساوى ١,٠٠٨ وأن ذرة الهليوم كتلتها ٤,٠٠٣ فمعنى ذلك ان هناك فقد في الكتلة يساوى ٠,٠٢٩ (٤,٠٠٣ - ٤,٠٠٣) وحدات كتله . وقد تم ربط هذه الكتلة المفقودة او تحويلها حسابيا الى وحدات معبره عن الطاقة عن طريق معادلة أنشتين الشهيره هذه الوحدات من الطاقة هي الارجات Ergs وهى نظام حسابى انجليزى (السعر = $٤,١٨٤ \times ١٠^٧$ أرج) وتنص المعادلة الخاصه بحساب الطاقة على ان الطاقة تساوى حاصل ضرب الكتله فى مربع سرعه الضوء (أى $E = Mc^2$) حيث أن E هى الطاقة M الكتله C سرعة الضوء والتي تساوى ٣×١٠^٨ سم / ثانية . معنى ذلك ان الطاقة الناتجة كسعرات من تحول كتله صغيره تعتبر عالية جداً اذا ما قورنت بوزن هذه الكتله .

وقد رت سرعة تناقص كتله الشمس حيث وجدت انها ١٢٠ مليون طن من الكتله لكل دقيقه واحده تتحول كلها الى طاقه منفردة فى الفراغ ومنطلقه خلال الغلاف الشمس وتستقبل الارض من هذه الكمية ما يوازي $٥,٥ \times ١٠^{٢٢}$ سعراً فى السنة أى (١٠٠,٠٠٠ سعر / سم^٢ / سنه) يستغل ثلث هذه الكمية فى عمليات تبخير الماء ويتبقى حوالى ٦٧,٠٠٠ سعر / سم^٢ / سنة لعملية التمثيل الضوئى وعمليات اساسية أخرى وقد قدر ان حوالى ٢٠٠ مليون طن من ك أ_٢ الجوى تتحول سنوياً الى سكريات بواسطة النباتات الخضراء .

الطاقة الضوئية :

عند تحول الايدروجين الى هليوم فى جسم الشمس تنطلق انواع مختلفه من الأشعة تختلف فيما بينها حسب طول موجات هذه الأشعه كما ذكرنا سالفا وتستقبل الارض هذه الأشعاعات باطول موجات مختلفه هذه الموجات تعتبر مساراً لجزئيات متناهية فى الصغر هى الفوتونات photons والتي يمكن تمثيل كل منها بكيس صغير مملوء بطاقة معينة (متوقفه على نوع الضوء) وتسمى هذه الطاقة بالكوانتم Quantum .

ويمكن العالم الألمانى Plank بإيجاد علاقه بين طول الموجه والطاقة المتحصل عليها منها ويرمز لها بالكوانتم عن طريق المعادلة التالية :

$$E = H \cdot V$$

حيث E = طاقة الكوانتم

H = ثابت بلانك

V = تذبذب الأشعة

وحيث ان التذبذب ماهو الاناتج قسمه سرعه الضوء على المسافة فإن V تساوى C
حيث C سرعه الضوء طول الموجة

مثال :

أحسب طولالموجه الضوء المستعمله لانتاج جزئى واحد من الجلوكوز مع اعتبار أن تحول الطاقة الضوئية الى كيميائية ١٠٠ ٪ وان الناتج سيكون بالـ m.μ علماً بالأتى تجاوزاً عدد افوجادرو $= 2 \times 10^8$ وثابت بلانك $= 696.000$ الطاقة بمول واحد جلوكوز 696.000 سعر ، وسرعه الضوء 3×10^{10}

الحل

$$E = \frac{\text{سرعة الضوء}}{\lambda} \times \text{ثابت بلانك}$$

$$\frac{696.000}{\text{رقم افوجادرو}} = 696 \times 10^3 \times \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda}$$

$$\frac{696.000}{2 \times 10^{-8}} = 696 \times 10^3 \times \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{(696 \times 10^3) \times (3 \times 10^{10}) \times (2 \times 10^{-8})}{696.000}$$

$$\lambda = 3 \times 10^2 \times 2$$

$$\lambda = 3 \times 100 \times 2$$

$$\lambda = 600 \text{ m.}\mu$$

تأثير الضوء Light axtion

يؤدي امتصاص الضوء بواسطة الصبغات النباتية الى تحريك الإلكترونات الواقعه في مستويات مختلفة حول انوية ذرات هذه الصبغات الى مستويات من الطاقه اعلى من المستوى التي كانت واقع به ، وتصبح بذلك الصبغه في حالة نشطه وتستمر في هذه الحالة مدة قصيرة جداً تصل الى جزء من الثانية حيث يسقط بعدها الإلكترون الى مجاله السابق الأقل نشاطاً .

والطاقة الناتجة عن فقد هذا الإلكترون لطاقته تنفرد لتؤدي عملاً معيناً وهذه الطاقة والتي تسمى بطاقه التنشيط Enrgy of Activation تنطلق في أحد الصور الآتية :

- ١ - تنطلق على صورة ضوء او حرارة منعكسه
 - ٢ - او باعطاء هذه الطاقة لمركب آخر
 - ٣ - او تستغل في تفاعل كيميائي معين كما يحدث في عمليات الأكسدة والاختزال مثلاً .
- وهناك عدة مقاييس او اصطلاحات كثيرا ماتستخدم للتعبير عن شدة الأضاءة ومنها :

التوهج Brightness

يرمز لشده الضوء بشده التوهج أى شده الأضاءة كما تبينها العين المجردة ويرمز لها قياساً بما يسمى قدم / شمع (Foot / Candles) وقد وجد ان هناك علاقة بين التوهج والكثافة الضوئية حيث اعتبر ان ١ قدم / شمع = ١٠,٨ لكس (lux)

٢ - الكثافة الضوئية : Intensity (Irradiance)

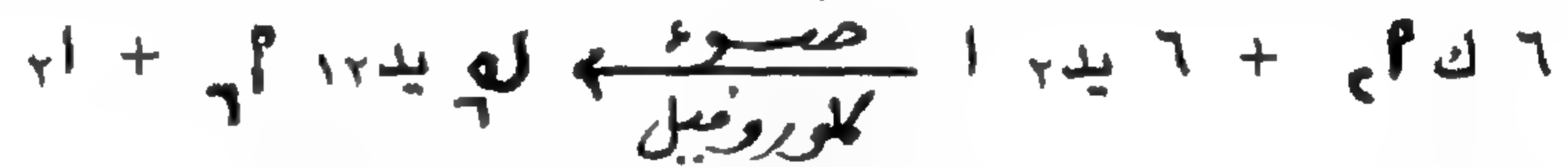
هي الطاقة الضوئية الواقعه على وحدة المساحة في وحدة الزمن وقد يعبر عنها بالسعرات او بالارجات وبذلك فإن الكثافة الضوئية هي معيار حقيقى لشده الاضاءة .

البناء الضوئي

Photosynthesis

تقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئي ويتم فيها تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية في صورة مركبات عضوية متكونة من ك^٢ أ^٢ وماء في وجود الضوء والكلورفيل وعملية البناء الضوئي Photosynthesis هي المصدر الرئيس لامداد الهواء بالأكسجين والذي تستغله الكائنات الحية في قيامها بعملية التنفس . وأستمرار احتياج النباتات الخضراء لثاني اكسيد الكربون اثناء قيامها بعملية البناء الضوئي يتم حفظ تركيزات كل من ثاني اكسيد الكربون (٣ ٪) والأكسجين (٢١ ٪) بالهواء الجوى متوازنة تقريبا .

وقد اختلف الباحث في تعريف عملية البناء الضوئي ولكن يمكن ببساطه تعريفها على انها عملية انتاج سكريات من ثاني اكسيد الكربون والماء بالخلايا النباتية الحية في حالة وجود الضوء والمادة الخضراء ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية :



من هذه المعادلة المبسطة ، يلاحظ ان كل من الضوء والكلورفيل لابد من تواجدهما حتى يمكن اتحاد ثاني اكسيد الكربون والماء وأنتاج السكر والاكسجين وكما ذكرنا سابقاً أهمية الضوء كمصدر للطاقة وسنتناول ذكر انواع الصبغات الخاصة بعملية البناء الضوئي .

صبغات البناء الضوئي Photosynthesis pigments

وتسمى عادة بصبغات البلاستيدات الخضراء وتنقسم الى ثلاث مجاميع رئيسية :-

١ - الكلورفيلات Chlorophylls

٢ - الكاروتينويدات Carotenoids

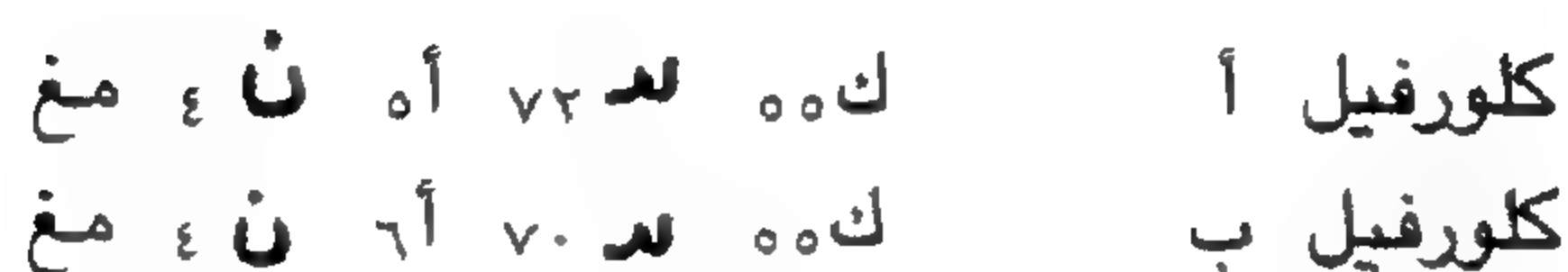
٣ - الفيكوبيلينات phycobilins

اولا : الكلورفيلات Chlorophylls

وهي الصبغات الخضراء وأساس عملية البناء الضوئي وتوجد داخل البلاستيدات الخضراء واللون الأخضر دليل على انه يمتص بعض موجات الضوء المرئي في حين ان بعضها الاخر لا يمتص وينفذ خلال الكلورفيل والجزء الذي يمتص بواسطة الكلورفيل هو الجزء الذي يستغل في عملية البناء الضوئي اساساً .

وقد أثبتت التجارب ان الكلوروفيل يمتص الضوء الازرق والاحمر وجزء من البنفسجى فى حين ان جزء من الضوء الأحمر واغلب الأصفر والبرتقالى والأخضر ينفذ خلال الكلوروفيل بدون امتصاص .

وتعتبر الكلوروفيلات عبارة عن استرات (اتحاد حامض بكحول) لاحماض ثنائية تسمى احماض الكلوروفيلين Chlorophyllins متحدة مع كحولات هى كحول الميثانول (ك مـ ٢٠ أ مـ) وكحول الفيتول phytol (كـ ١٠ مـ ٣٩ أ مـ) وقد اكتشف العالمان الألمانيان Willstater & stoll ١٩١٨ تركيب كل من كلوروفيل أ ب وتعرفا على الرموز الكيميائية لها وهما (شكل)



وكما يتبين من الرمزين السابقين ان كلوروفيل أ اكثر اختزالا من ب حيث ان كلوروفيل ب يوجد به مجموعة الذهبيد (ك أ مـ) بدلا من مجموعة ميثيل (ك مـ ٢) المتواجده فى كلوروفيل أ ويمثل كحول الفيتول $\frac{1}{2}$ جزئى الكلوروفيل وله قابلية عظمى للاتحاد مع أكسجين الجو وبذلك قد يكون هو المسئول عن عمليات الأختزال التى يقوم بها الكلوروفيل وجميع انواع الكلوروفيل لاتذوب فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية المختلفة بدرجات متفاوتة حسب نوع المذيب ونوع الكلوروفيل .

انواع الكلوروفيل :

(١) كلوروفيل a (أ) ويوجد فى جميع الكائنات النباتية التى تقوم بعملية البناء الضوئى فيما عدا بعض انواع البكتريا ويقوم كلوروفيل أ بمفرده بامتصاص نصف الطاقة الضوئية المستمدة من الضوء المرئى والمستغلة فى عمليات البناء الضوئى ويظهر هذا الكلوروفيل باللون الازرق المخضر فى محلول الكلوروفيل فى الكحول .

كلوروفيل b (ب) يوجد فى جميع النباتات الراقية الخضراء والطحالب الخضراء ولكن غير موجود فى كثير من انواع الطحالب الأخرى ويظهر باللون الأخضر عند تواجده فى المحلول وهو أكثر اكسده من كلوروفيل أ ولذلك فهو أقل منه قابلية للذوبان فى المذيبات العضوية ويوجد بنسبة ١ لكل ٣ أجزاء من كلوروفيل أ بالنباتات الراقية .

(٣) كلوروفيل c (جـ) : ويوجد فى الطحالب البنية والدياتومات Diatoms بدلا من كلوروفيل ب

(٤) كلوروفيل d (د) : ويوجد اساساً فى الطحالب الحمراء بدلا من كلوروفيل ب أو جـ

(٥) كلوروفيل البكتريا : ويوجد في البكتريا الكبريتية القرمزية Purple Sulfer bacteria بدل من كلوروفيل أ ، ب أى أنه النوع الوحيد من الكلوروفيل الموجود بهذه الكائنات

(٦) البكتريوفيريدين bacteriovirdin ويوجد أساساً في البكتريا الكبريتية الخضراء Green Sulfer bacteria وهو النوع الوحيد من الكلوروفيل الموجود في هذه البكتريا .

وقد وجد ان غالبية أمتصاص الكلوروفيل للضوء يكون في مجال كل من الطيفين الأزرق والاحمر اى على موجات ٤٣٠ ، ٦٠٠ mμ تقريباً وان كانت درجة الأمتصاص في الطيف الأزرق تكون اعلى منها في الأحمر في أغلب الأحيان الا ان هناك بعض الشواهد على ان كفاءه عملية البناء الضوئى بالنباتات الخضراء تكون اعلى عند تعريض النباتات للضوء الاحمر مقارنة بالضوء الأزرق (فيما عدا الكلوروفيل البكتيرى والذى يمتص اساساً الأشعة تحت الحمراء والطيف الأزرق البنفسجى)

ثانياً : الكاروتينويدات Carotenoids

وتعتبر صبغات مساعدة للكلوروفيل وتتواجد في البلاستيدات الخضراء مع الكلوروفيل وتكون نسبتها ١ : ٣ بالنسبة للكلوروفيل ، وتتواجد أيضاً في البلاستيدات الملونة جنباً الى جنب مع كلوروفيل أ ، ويعزى ظهور الألوان الحمراء والصفراء ، والبرتقالى الى هذه الصبغات وتوجد بكثرة وتركيزات عالية في الثمار والخضروات وبتلات الأزهار وعموماً تتواجد هذه الصبغات بخلايا جميع النباتات الراقية وفي خلايا البكتريا الكبريتية القرمزية والتي تقوم بعملية البناء الضوئى جنباً الى جنب مع الكلوروفيل البكتيرى ولكن وجودها مشكوك فيه في بكتريا الكبريت الخضراء .

والكاروتينويدات Carotenoids هي هيدروكربونات Hydrocarbons غير مشبعة وسريعه الأكسده في وجود أ_٢ وتنقسم هذه الصبغات الى نوعين هما الكاروتين Carotenes والزانتوفيل Xanthophylls والمجموعة الأخيره اكثر اكسده من الأولى حيث يقل بها ذره هيدروجين ويوجد بها ذرتى أكسجين مع عدم وجوده بالكاروتينات والرمز الكيميائى للكارونية ك_{٤٠} ، علماً بوجود ثلاث مشابهات كيميائية داخل هذه المجموعة هي الفا وبيتا وجاما كاروتين وان كانت اكثرهم شيوعاً بالنبات هي بيتا كاروتين ويعتبر المشابه بيتا كاروتين المكون الرئيس لفيتامين أ بالنسبة للحيوان والانسان .

أما الزانتوفيل فيتشابه مع الكاروتين وان كانت تتواجد بنسبة اعلى منها (٢ زانتوفيل : ١ كاروتين) وتميز الزانتوفيل باللون الأصفر او البنى ويسهل تحولها داخل النبات مباشرة الى الكاروتين والعكس .

ويوجد حوالي ٦٥ نوع من الكاروتينويدات وكما سبق الى ان الكاروتين يتميز بانواعه المختلفة فايضا الزانثوفيل له انواع مثل الفلافوزانثول Flavoxanthol والفوكوزانثين Fucoxanthins والتي تتواجد بغالبية عظمى في الطحالب البنية لتعطى هذه الطحالب اللون المميزه .

والكاروتينويدات تلعب دوراً هاماً في عملية البناء الضوئي ، وتتواجد في جميع خلايا النبات تقريباً وتتميز بالوانها المختلفة والتي تكسبها للخلايا المتواجده بها مثل الالوان الصفراء والحمراء والبنية وخلافه وهي مواد غير قابلة للذوبان في الماء وتذوب في المذيبات العضوية المختلفة وهي مركبات غير مشبعة فيسهل اكسدتها وأختزالها وهذا يعتبر من اهم صفاتها كصبغات مساعدة في عملية البناء الضوئي وهي تمتص اساساً في الطيف الازرق (٤٦٠ - ٤٨٠ m μ) من الضوء مما يزيد من كفاءته امتصاص الاوراق الخضراء في هذا المجال الضوئي .

وتقوم هذه الصبغات بالأحاطه بجزئيات الكلوروفيل وكثيراً ماتحميه من الاكسده الضوئية ويجدر الإشارة انه بعكس الكلوروفيلات فإن الكاروتينويدات يمكن لأغلبها ان تتكون في الظلام في حين ان الكلوروفيل لابد عند تكونه من البروتوكلوروفيل ان يتم التفاعل في وجود الضوء .

(ثالثاً) : الفيكوبيلينات phycobilins

وتعتبر هذه المجموعة كصبغات مساعدة للكلوروفيل لاتمام عملية البناء الضوئي ببعض النباتات خاصة الطحالب بأنواعها المختلفة ، وتتميز بالوانها المتبانية كالأحمر والازرق .

وهي عبارة عن مركبات بروتينية التكوين وذلك يفسر حساسيتها البالغة للحرارة المرتفعة والتي تؤدي الى ابطال عملها .

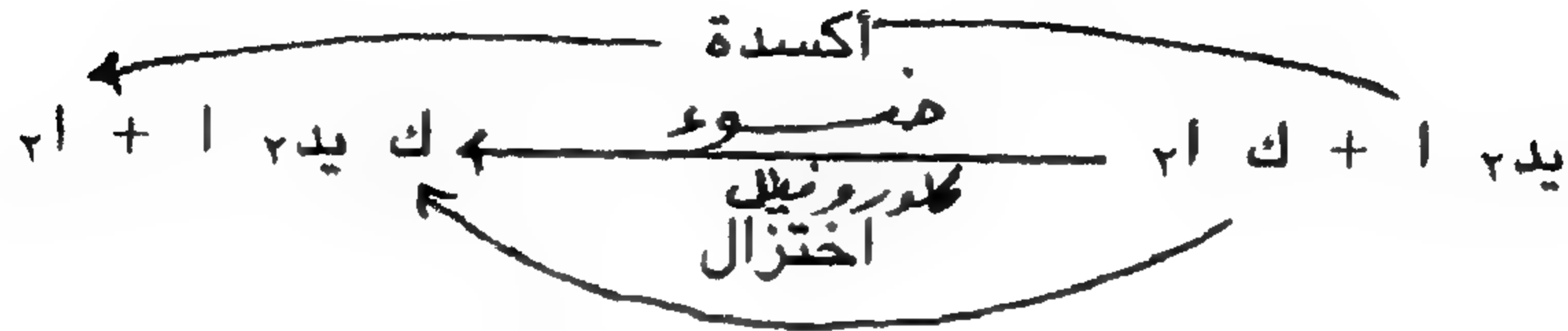
وتوجد الفيكوبيلينات كصبغات مساعدة لصبغات الكلوروفيل المختلفة في الطحالب الحمراء المحتوية على كلوروفيل أ ، د وكذلك في الطحالب الزرقاء المخضرة والتي يتواجد بها كلوروفيل أ فقط .

ومن انواع هذه الصبغات هي الفيكوثرثيرين Phycoerythrin والفيكوسيانين Phycocyanin

آلية البناء الضوئي The Mechanism of Photosynthesis

عملية البناء الضوئي photosynthesis هي عملية أكسدة وأختزال اساساً يكون نتيجتها تحويل مركبات ذات طاقه ضئيلة (الماء وثاني اكسيد الكربون) الى مركبات

عضوية غنية بالطاقة (كربوهيدرات) مستغله في ذلك الطاقة المتحصل عليها من الشمس والممتصه بواسطه النباتات المحتوية على صبغات عملية البناء الضوئى والمعادلة العامة لهذا التفاعل هي :



ويلاحظ من المعادلة السابقه ان ثانى اكسيد الكربون تم أختزاله باضافة الايدروجين له وأيضا بنزع ذرة اكسجين ، كما وان جزئى الماء في المعادلة السابقه تمت اكسدته الى ٢ ا عن طريق نزع ذرات الايدروجين منه .

وأجريت كثيراً من البحوث لمعرفة مصدر الأكسجين المتصاعد نتيجة عملية البناء الضوئى هل هو جزئى الماء أم ثانى اكسيد الكربون ؟ وقد تم التأكد ان جميع الأكسجين المتصاعد يكون ناتجا من جزئى الماء دون تدخل جزئى ك ٢ مطلقا في هذا الشأن وبعد تأكد البحاث من مصدر الأكسجين باستعمال النظائر المشعه Isotope أى باستعمال ماء به اكسجين مشع ^{18}O وأن الماء يتأكسد أثناء البناء الضوئى في حين ان ك ٢ يختزل وكان الاعتقاد ان عملية البناء الضوئى ماهى الاعملية مباشره ذات تفاعل بسيط يتم أثناءه بناء الكربوهيدرات .

وقد وجد العالم Blackman ١٩٠٥ ان هناك اكثر من تفاعل واحد اثناء عملية البناء الضوئى وليست التفاعلات كلها ضوئية ، بل لابد من وجود تفاعلات كيميائية حيوية مكمله لاتمام بناء الكربوهيدرات عن طريق عملية البناء الضوئى .

وقد تم التأكد من الحقيقية عن طريق اثبات وجود تفاعلين أحدهما ضوئى والآخر لايلزم له الضوء ومما هو معروف ان التفاعلات الضوئية كقاعده عامة لاتؤثر في سرعتها الحرارة في حين ان التفاعلات الكيميائية والحيوية منها تتأثر الى حد بعيد بالحرارة ومن ذلك ثم أستخلاص ان التفاعل الأول هو تفاعل ضوئى يتوقف على كثافة الضوء أساساً وان التفاعل الثانى والمكمل هو تفاعل حيوى يتأثر بالحرارة اساساً . وبذلك يمكننا تقسيم عملية البناء الضوئى الى جزئين رئيسيين وهما التفاعل الضوئى وفيها يقوم الكلوروفيل بامتصاص الضوء والثانى تفاعل كيمائى يتم فيه أختزال ك ٢ الى كربوهيدرات .

اولا : التفاعل الضوئى او تفاعل هيل Hill Reaction

اجرى Robert Hill ١٩٣٧ بحوثه على عملية البناء الضوئى بأستخدام بلاستيدات خضراء معزولة ، فى بيئه مناسبة ولكنه فشل فى الحصول على المواد الكربوهيدراتية أثناء تجاربه ولكنه وجد ان هذه البلاستيدات المعزولة قادرة على انتاج H_2 أى قادرة على اتمام التفاعل الضوئى وذلك فى جود عوامل مؤكسده (أى قادرة على اكسده المركبات وتصبح هذه مختزلة) مثل مركبات السيانييد الحديدية Ferrocyanide ومركبات اكسالات البوتاسيوم الحديدية potassium Ferric Oxalate ومركبات الكينون والتي تختزل الى الهيدروكينون وتقوم هذه المركبات بأكسده الماء فى وجود الضوء والكلوروفيل وتصبح هذه المركبات نفسها مختزلة حيث تتحول ايونات الحديد الى الحديدوز ويتأكسد الماء الى H_2 تحل هذه المركبات محل H_2O والذى يعتبر مستقبل الايدروجين فى عملية البناء الضوئى والنتائج التى تحصل عليها العالم Hill يمكن صياغتها فى المعادلة التالية :

$2 H_2O + 2 S \xrightarrow{\text{ضوء}} 2 H_2S + 2 S$ (س تمثل أى ماده مؤكسده)
أو $2 H_2O + 4 H^{++} + 2 S \xrightarrow{\text{ضوء}} 2 H_2S + 4 H^{++}$ (كما فى حالة مركبات الحديد)
ومن ذلك يتضح انه يتشابه عمل البلاستيدات الخضراء (كسر جزئى الماء) فى النباتات وفى البلاستيدات التى عزلت بواسطة العالم Hill ولكن يبقى اختلاف اساسى وجوهري ان الايدروجين الناتج فى مثل هذه التجارب لم يستغل لاتمام عملية البناء الضوئى أى لم يستغل فى اختزال H_2O كما هو حادث بالنباتات .

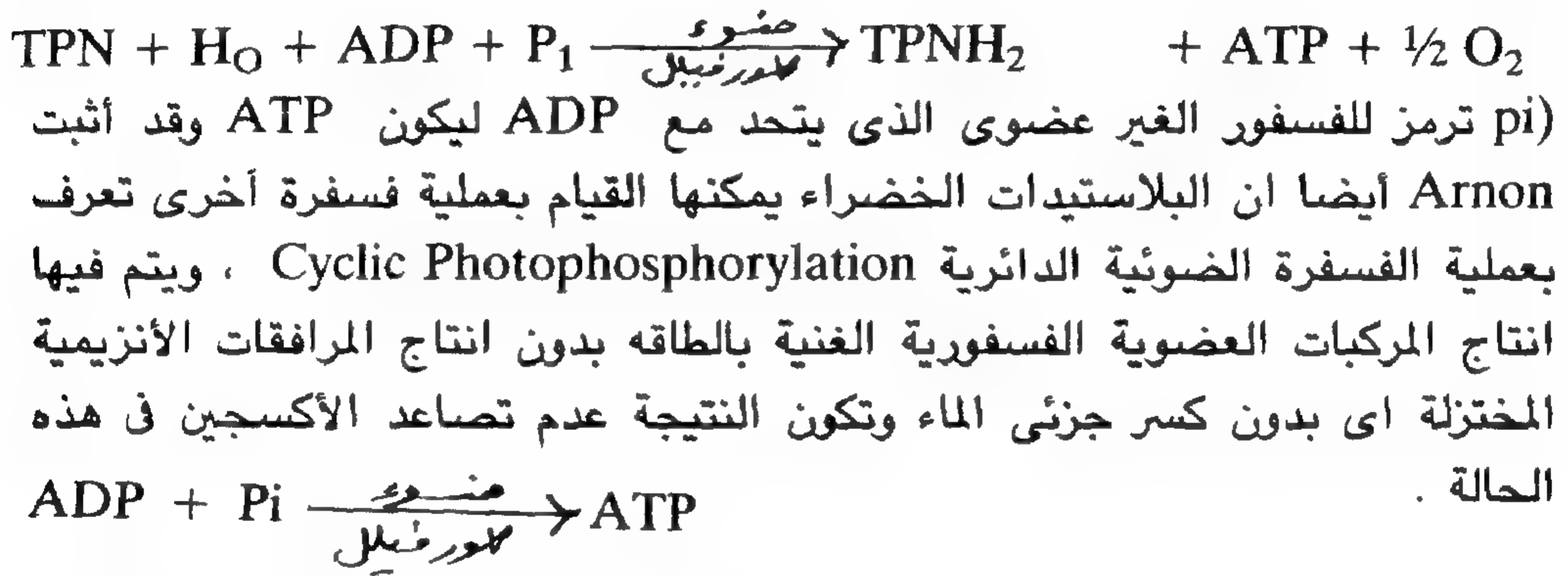
وقام فريق من الامريكان وعلى رأسهم العالم Arnon عام ١٩٥٢ بأثبت ان المرافق الأنزيمى 2 phosphate (TPN⁺) Triphosphopyridine Nucleotide (TPN⁺) الذى سمي فيها بعد Nicotinamide - adenine dinucleotide (NADP) او المرافق الانزيمى (DPN⁺ او VAD⁺ كما سمي فيما بعد) يقوم بعمل المواد المؤكسدة الذى استعملها Hill فى تجاربه داخل النبات وأثناء عملية البناء الضوئى للكربوهيدرات وبذلك امكن معرفه مصير الايدروجين الناتج من تحلل الماء ضوئيا (أى الخطوات الوسطيه) قبل وصوله الى ثانى اكسيد الكربون اثناء الجزء الثانى من عملية البناء الضوئى أى تفاعل الظلام والذى يتم تثبيت H_2O أثناءه وانتاج الكربوهيدرات .

وبذلك أمكن كتابه التفاعل الضوئى فى معادله مختصره كمايلي :-



وسيتضح فيما بعد ان مركبات $TPNH_2$ المختزلة هى التى تقوم بأختزال H_2O أثناء تفاعلات الظلام (تثبيت H_2O) .

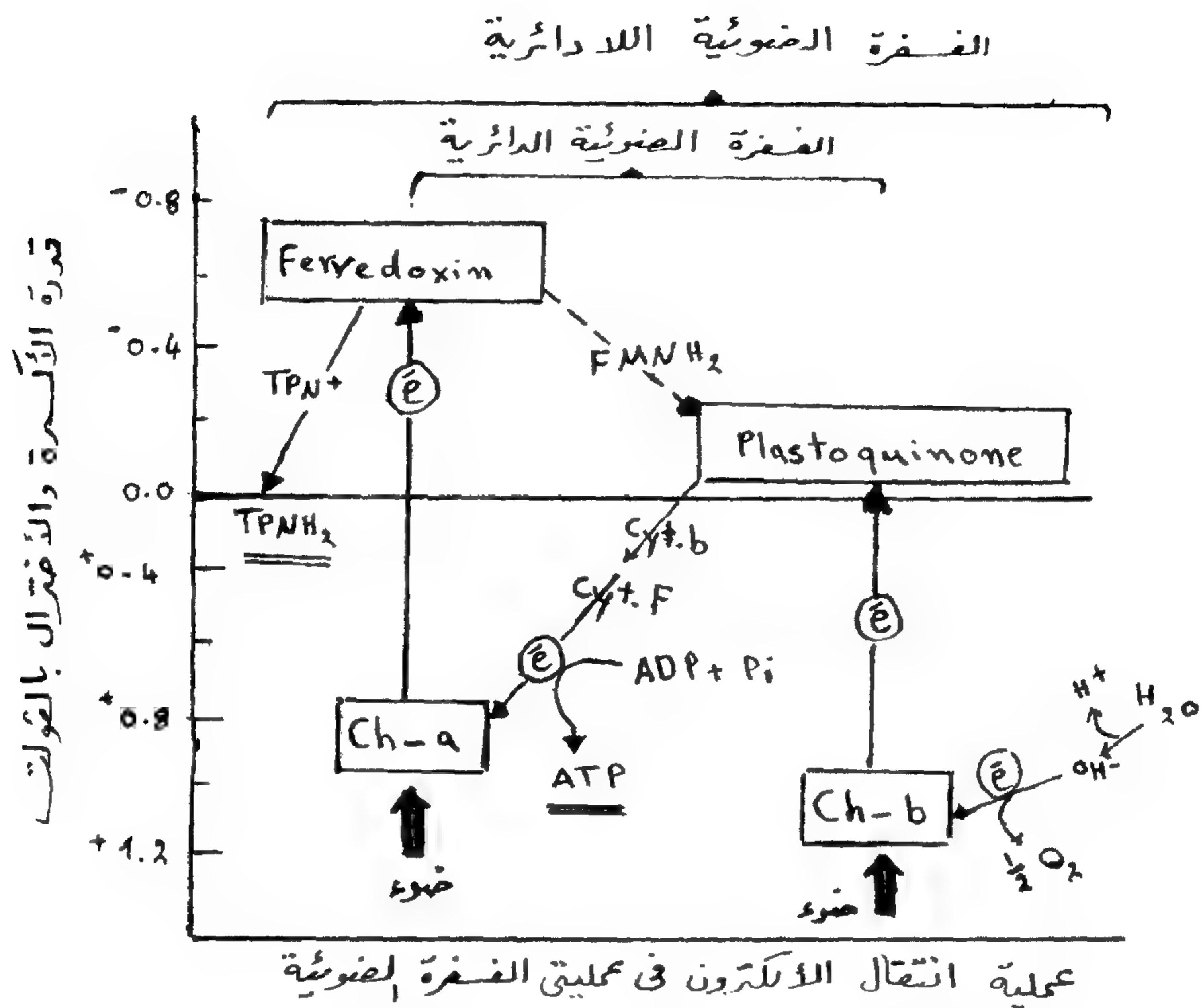
وقد قام العديد من العلماء بدراسة تفاعل الضوء تفصيلياً لمعرفة الخطوات الوسيطة به ونواتجه اجمالاً بجانب النواتج الأساسية وهي المرافقات الأنزيمية المختزلة وحديثاً تم التعرف على ان البلاستيدات الخضراء - في وجود الضوء - تستطيع القيام (بجانب انتاج المرافقات الانزيمية المختزلة السابقه) بعمليتى فسفرة ضوئية يكون نتيجة اى منهما انتاج المركبات الفسفورية الغنية بالطاقة (ATP) ووجد ان انتاج هذه المركبات الفسفورية يتوقف أيضاً على وجود الضوء وتسمى العملية الأولى بالفسفرة الضوئية الغير دائرية Noncyclic photophosphorylation وفيها يتم انتاج مركبات ATP بالاضافة الى انتاج المرافقات الانزيمية المختزلة (TPN H₂) عند تعريض البلاستيدات الخضراء للضوء وينتج في هذه الحالة كميات من الأكسجين



وعلى ذلك يمكن القول ان عملية الفسفرة الضوئية اللادائرية هى أساس عملية البناء الضوئى في النباتات الراقية مع امكانية حدوث الفسفرة الضوئية الدائرية جنبا الى جنب معها ، اما الفسفرة الدائرية فقد تحدث في النباتات الأقل رقياً وتطوراً حيث ان هذه النباتات تستغل مركبات أختزالية أخرى غير الماء (مثل يدركب وغيرها) .

وكما هو موضح في (الشكل ٩) خط سير التفاعلات (الألكترونات) في كلا من الفسفرة الضوئية اللادائرية والفسفرة الدائرية ان هناك العديد من المركبات الوسيطة التى تكتسب وتفقد الألكترونات (أى تختزل وتتأكد) الناتجة من جزئيات الكلوروفيل .

ويحدر الإشارة ان هناك تفاصيل أخرى غاية في التعقيد لم توضح في الرسم او لكونها لم يتم التأكد منها الآن وعموماً فان هذه الخطوات توضح ان كلوروفيل أ بعد تنشيطه بواسطة الطاقة الضوئية الواقعة عليه يبدأ في فقد أحد الألكترونات الذى ينتقل بدوره الى صبغه الفريدوكسين Ferredoxin والذى تنقله بدورها الى صبغة البلاستوكوينون plastoquinone بواسطة المساعد الأنزيمى FMNH₂ ثم يصل نفس الألكترون مرة أخرى الى كلوروفيل أ بعد مروره على عديد من السيتوكرومات



(شكل ٤٩) خط سير الإلكترونات في الفسفرة الضوئية

(بروتينات) وأثناء مروره على هذه المركبات الأخيرة تتم عملية فسفرة أى إنتاج المركب الفسفورى ATP

هذه التفاعلات السابقة تمثل جزء من تفاعلات الفسفرة الضوئية الغير دائرية والتي فيها يتم تأكسد الماء ضوئيا الى يدرجين (H^+) ومجموعة ايدروكسيل (OH^-) فى صورة متايئة وتقوم مجموعة الايدروكسيل (OH^-) باختزال كلوروفيل ب بنقل الألكترون اليه ويتصاعد غاز الأكسجين تبعا لذلك .

وعند تنشيط كلوروفيل ب بالضوء ترتفع القدرة الاختزالية له الى صفر فولت (كلما زادت الوحدات السالبة بالقولت كلما دل ذلك على زيادة القدرة الاختزالية للمركب) مما يؤدى الى اختزال صبغه البلاستوكوتيون نتيجه اكتسابها للألكترون ثم تقوم هذه الصبغه بنقل الألكترون خلال السيستوكرومات الى كلوروفيل أ وعند اصطدام الضوء فى نفس اللخطه بكلوروفيل أ فإن ذلك يؤدى الى تنشيطه ورفع قدرته الاختزالية الى ٠,٤٢٣ فولت وبذلك يفقد الألكترون الى صبغة الفريدوكسين والتي بدورها تختزل وتقوم بنقل هذا الألكترون الى المرافق الأنزيمى TPN^+ والذي يختزل بدوره ويعتبر ناتج من نواتج هذه العملية والاخير ($TPNH_2$) يستغل فى تفاعل الظلام .

يلاحظ ماياتى :-

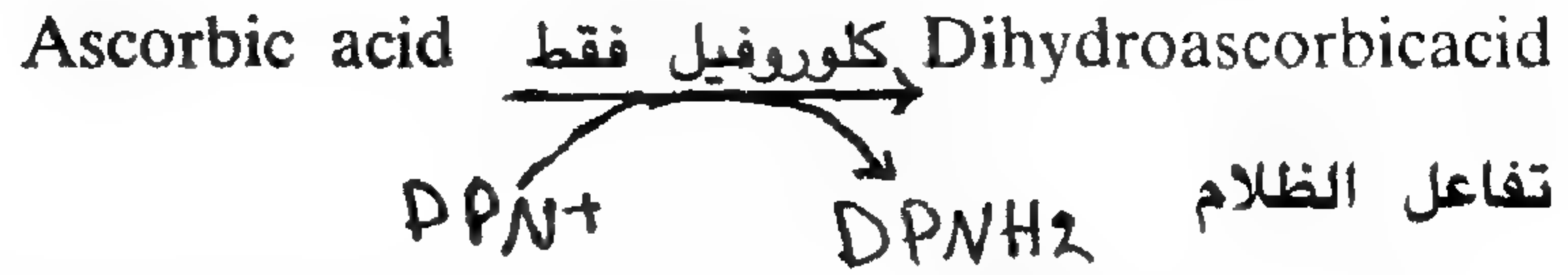
١ - يخرج من ChA الكترون يمر فى صبغتين ثم يعود نفسه الى ChA مرة أخرى ويتكون نتيجة لذلك ATP

٢ - يخرج من ChA الكترون آخر يستغل عن طريق صبغه Ferredoxin فى اختزال TPN الى $TPNH_2$ ويعوض ChA هذا الألكترون من ChB الذى يعوض هذا الألكترون عن طريق ايون OH^-

٣ - تتم هذه العمليات داخل البلاستيدات الخضراء وليس خارجها لان الصبغات $plastoquinon$ Ferredoxin موجودة داخل البلاستيدات .

٤ - تتم العمليتان جنبا الى جنب فى النباتات الراقية وقد تتم الفسفرة الدائرية فقط كما فى النباتات الغير راقية وتسمى $chemoautotrophic organisms$ حيث تقوم المركبات المختزلة مثل يد ٢ ك ب باعطاء الأيدروجين والألكترونات الى كلوروفيل أ مباشرة عن طريق البلاستوكوتيون والستيركروم - وتحصل هذه المركبات على الطاقة باكسده المركبات المختزلة (يد ٢ ك ب) فى عملية البناء اليكماوى $Chemosynthesis$ لانه ليس مهما هنا الضوء .

وعام ١٩٦٨ وجدان بعض الكائنات الحية الدقيقة تستطيع اختزال مركب DPN^+ عن طريق احماض عضوية مثل حمض الاسكوربيك والذي يتحول الى حمض داي هيدرواسكوبيك بفقد ذرتي ايدروجين .



ويسمى تفاعل بلاكمان Blackman Reaction تفاعل تثبيت ك أ

التفاعل الكيماوى الحرارى Thermochemical Reaction

دورة بنسن وكالفن Calvin and Benson

وكما هو مبين فى (شكل) : يلاحظ الأتى :-

١ - يتم هنا اختزال ك أ الى مركبات عضوية (بناء كيمائى انزيمى فقط لايعتمد على الضوء والكلوروفيل)

٢ - يتم أثناءها استغلال واستهلاك ما أنتج من التفاعل الضوئى $DPNH$, ATP

٣ - لايلزم الضوء ولكنه يعتبر عامل مساعد .

٤ - لوحظ ان اول ناتج عضوى من هذه العملية هو حمض الجلوسريك المفسفر واول ناتج سكرى هو الجلوكوز والفرקقوز واول ناتج مرئى بالعين هو النشا .

٥ - يتحكم فى التفاعلات هنا انزيمات مختلفة

٦ - يتم تحويل ك أ المركب ذو الطاقة الضعيفة الى مركبات كربوهيدراتية ذات طاقه عالية وذلك عن طريق الحصول على الطاقة الناتجة من :

أ - تحول $ATP \leftarrow ADP + pi$ ب - تحول $DPNH_2 \leftarrow DPN^+$

٧ - تم لكالفن وفريق من العلماء التعرف على المركبات المختلفة والخطوط بواسطه استعمال

ك أ مشع بجانب استخدام الفصل الكروما توجرافى للمركبات فى صورة نقيه .

٨ - وجدان هذا التفاعل ابطء بكثير جداً من تفاعل الضوء

٩ - تفاعل انزيمى اساساً وذلك فيؤثر فيه الحرارة .

وبالنظر الى الشكل السابق ، يمكن كتابة معادلة عامة للتفاعلات السابقه مع الاعتبار ان الناتج هو حمض الجلوسريك المفسفر الثلاثى الكربون باستعمال ثلاثة جزئيات من ك أ وبعض الجزئيات اللازمة من مركبات $TPNH_2$, ATP والناتجة من التفاعل الضوئى :





(شکل ۵۰) تفاعل الظلام او تفاعل بلا کمان

وذلك بغص النظر عن الجزئيات اللازمة من الماء لاتزان المعادلة واللازم أضافتها ضمن مواد التفاعل ، فإذا فرض ان الناتج النهائى لتفاعل الظلام هو السكر السداسى الكربون (الجلوكوز مثلاً) فيبقى ضرب طرفى المعادلة $\times 2$ لانتاج هذا السكر .

أما عن عدد جزئيات ATP $TPNH_2$ المبينة بالمعادلة السابقة فإن تفسير ذلك راجع لان كل دورة من الثلاث دورات اللازمة لاختزال ٣ جزئيات ك أ يستغل بها ٣ جزئيات ATP ، وجزئين $TPNH_2$

الفرق بين تفاعل الضوء وتفاعل الظلام :-

١ - يعتمد تفاعل الضوء اساساً على الضوء بينما تفاعل الظلام لايعتمد على وجود الضوء .

٢ - تفاعل الضوء لايتأثر فيه الحرارة بينما تفاعل الظلام يؤثر فيه الحرارة .
٣ - تفاعل الضوء يحدث فيه أكسده للماء وتكون ATP $DPNH_2$ بينما تفاعل الظلام يحدث اختزال ك أ واستغلال عدد ثلاث وحدات ATP ووحدتين $TPNH_2$ فى الدورة الواحدة .

٤ - لابد فى تفاعل الضوء من وجود الكلوروفيل ، بينما تفاعل الظلام لايعتمد على وجود الكلوروفيل

٥ - تفاعل الضوء أسرع من تفاعل الظلام حوالى الف مرة ويستغرق ١/١٠٠٠٠٠ ومن الثانية بينما تفاعل الظلام ابطء من تفاعل الضوء ويستغرق ٢.٠ من الثانية .

العوامل المؤثرة فى عملية البناء الضوئى

وتنقسم العوامل المؤثرة على عملية البناء الضوئى إلى قسمين هامين : هما عوامل خارجية وأخرى داخلية خاصة بالنبات نفسه .

أولاً العوامل الخارجية .

١ - الضوء :

من الواضح ان تأثير الضوء على عملية البناء الضوئى يتوقف على عاملين اساسين :
(أ) الكثافة الضوئية : يزيد معدل البناء الضوئى بزيادة الكثافة الضوئية الى حد معين يقل بعده معدل العملية وسبب ذلك هو أن الأكسدة الضوئية - photo oxidation لمركبات الخلية الحية يبتدأ فى العمل مما يؤدي الى استخدام أ المتصاعد من البناء الضوئى فى أكسدة محتويات الخلية وتسمى هذه الظاهرة Soalarization

(ب) طول الموجه الضوئية : وفيه تزيد كفاءة العملية عند تعريض النبات لطول موجى ٤٤٦ ، ٦٥٠ m. μ

٢ - تركيز ك أ :

يصل تركيز غاز ك أ بالجو المحيط بالنبات الى ٣.٠ ٪ حجماً لحجم وتعتبر عملية التنفس بالكائنات الحية من المصادر الرئيسية لهذا الغاز جنباً الى جنب مع بعض المصادر الأخرى كالمحيطات وغيرها من عوامل التحلل ونواتج الاحتراق وقد ثبت ان عملية البناء الضوئي تستمر في الأسراع كلما ارتفع تركيز ك أ في الجو الى ان يصل الى ٥.٠ ٪ ولكن لمدد معينة ومحدودة حيث ان استمرار هذا التركيز لمسدد تصل الى ١٠ - ١٥ يوماً يؤدي الى حدوث بعض الأضرار على النباتات .

٣ - درجة الحرارة :

على الرغم من اتساع المدى الحراري الذي يتم عنده عملية البناء الضوئي الا انه يلاحظ أن أنسب درجات الحرارة بالنسبة لأغلب النباتات النامية بالإجواء المعتدلة ما بين ١٠ الى ٣٥^{°م} ويلاحظ ان معدل سرعة عملية البناء الضوئي يستمر في الارتفاع بارتفاع درجات الحرارة من ١٠^{°م} الى ٢٥^{°م} بالنسبة لأغلب النباتات اذا ماتوفرت كميات مناسبة من الطاقة الضوئية وثنائي أكسيد الكربون .

وبارتفاع درجات الحرارة عن هذا المعدل ولمده طويلة يؤدي الى انخفاض سرعه عملية البناء الضوئي ويرجع ذلك اساساً للتأثير الضار للحرارة المرتفعه . على برتوبلازم الخلايا الحية وخاصة الأنزيمات المتواجده بها .

٤ - الماء :

يعتبر الماء عامل غير محدد لعملية البناء الضوئي في الظروف العادية رغم انه أحد مكونات مواد التفاعل اللازمة لعملية البناء الكربوهيدراتي وقد وجد ان الكمية اللازمه من الماء لاستمرار عملية البناء الضوئي تقدر بحوالي ١ ٪ فقط من جملة الماء الممتص بواسطة النبات .

٥ - الأكسجين :-

قد وجد ان زيادة تركيز الأكسجين يؤدي الى نقص في معدل عملية البناء الضوئي حيث ان نسبة الأكسجين بالهواء الجوي (٢٠ ٪ تقريباً) تعتبر نسبه عاليه في حد ذاتها وأى نقص في هذه النسبه يزيد من سرعة عملية التنفس ، ويبدو ان الأكسجين نفسه يعمل على اعاقه عملية التمثيل الضوئي اذا ما ارتفع تركيزه بالجو المحيط بالنبات .

٦ - تأثير بعض العناصر الغذائية :

النباتات جيدة النمو يزداد بها معدل البناء الضوئي اذا ما قورنت بالنباتات النامية في بيئات فقيره او غير خصبة وعند نقص العناصر الغذائية يلاحظ قلة معدل عملية البناء الضوئي نتيجة التأثير الضار المباشر لنقص هذه العناصر على عملية البناء الضوئي لكونها عوامل مساعدة لبعض الانزيمات الخاصة بتفاعل الظلام مثلا ، وقد يكون نقص العنصر مؤثرا على بناء الكلوروفيل نفسه كما في حالة نقص الحديد او النتروجين او المغنسيوم وغيرها من العناصر مع ملاحظة ان الفوسفور يدخل كماده تفاعل اثناء تفاعل الظلام .

٨ - تأثير بعض الكيماويات :

مثل المثبطات والمنشطات لعملية البناء الضوئي ، وقد وجد ان بعض المواد مثل السيانييد والازيد وخلات الايدودين تعمل كمعوقات لعملية البناء الضوئي ، كذلك وجد ان مادة Chlorophenyl Dimethyl Urea (CDU) تعيق التحلل الضوئي للماء اثناء تفاعل الضوء .

وقد وجد ان اضافة تركيزات ضئيلة من الفينازين الاحادي الكبريت (PMS) phenazine Meno - Sulphate يسرع كثيرا من التفاعل الضوئي لاختصاره لدورة الالكترون دون المرور بصبغه البلاستوكونيون .

(ثانيا) العوامل الداخلية

١- العوامل الوراثية :

له تأثير كبير على البناء الضوئي ، حيث يصل تأثيرها الى انتاج بعض الطفرات النباتية الغير قادرة على تكوين الكلوروفيل او الى عدم تكوين البلاستيدات الخضراء .

٢ - التركيب التشريحي للأوراق :

الورقة من حيث حجمها ومكانها على النبات ووضع وعدد ونوع الثغور بها يؤثر على معدل التمثيل الضوئي كذلك سمك الأدمة وطبيعته البشريه كما يؤثر تركيب الورقة على كمية ثاني اكسيد الكربون الذي يصل الى البلاستيدات الخضراء بهذه الأوراق .

٣ - نواتج البناء الضوئي :

يقبل أى تفاعل من حيث السرعة عند تراكم نواتجه . وقد يتكون النشا في خلايا الورقة نتيجة سرعه تراكم الجلوكوز بخلاياها وذلك لسرعه انتاجه عن معدل انتشاره خارج الخلايا التي تقوم بالبناء الضوئي ، وبذلك تتخلص هذه الخلايا من السكر

الزائد عن طريق تحويله الى مركبات غير نشطة مخزنه على صورة نشا .

٤ - تأثير البروتوبلازم :

درجة تبلل البروتوبلازم ومحتوياته خاصة الأنزيمية والتي تتأثر تأثراً بالغاً عند جفاف البروتوبلازم نسبياً ، كل ذلك يؤثر على سرعة عملية البناء الضوئي حيث ان نواتج عملية البناء الضوئي لا بد من انتقالها من البلاستيدات الخضراء الى الميتوكوندريا حيث يتم احتراقها لانفراد الطاقة اللازمة لاستمرار الحياة بالخلية .

التنفس

Respiration

التنفس هو عملية أكسدة المركبات العضوية بالخلايا الحية وإنتاج الطاقة وأبسط صور هذه الأكسدة هو اتحاد الأكسجين كيميائياً مع المركبات العضوية المختلفة وقد تتم الأكسدة في غير وجود الأكسجين عن طريق نزع ذرات أيديروجين أو نزع الكترونات من المادة المراد أكسدتها وهذه العمليات ماهي الا صورة عكسية لعمليات الأختزال واختران الطاقة كما سبق في عملية البناء الضوئى .

وعملية التنفس تشتمل عادة على العديد من التفاعلات الكيميائية الحيوية ورغم ذلك يمكن اعتبارها ككل عبارة عن احتراق الوزن الجزئى لسكر الجلوكوز (١٨٠ جرام) عن طريق اتحاده بستة اوزان جزئية من جزئى الأكسجين (١٩٢ جرام) لتكوين ٦ اوزان جزئية للماء (١٠٨ جرام) بالاضافة لسته اوزان جزئية من ثانى اكسيد الكربون (٢٦٤ جرام) وإنتاج طاقة تقدر ب ٦٨٦,٠٠٠ سعراً وذلك حسب المعادلة التالية :

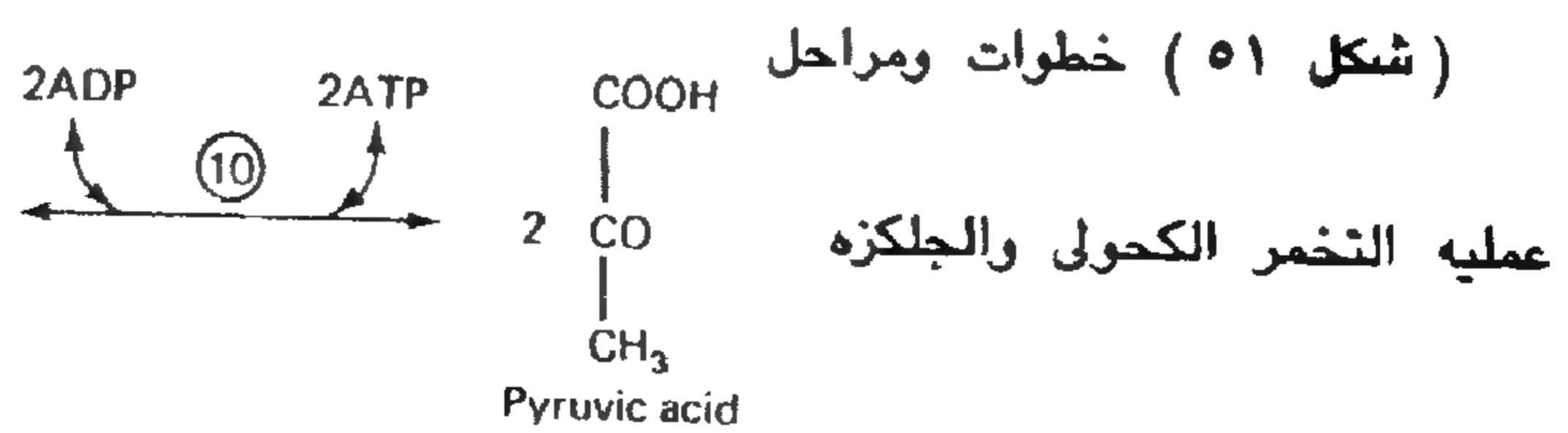
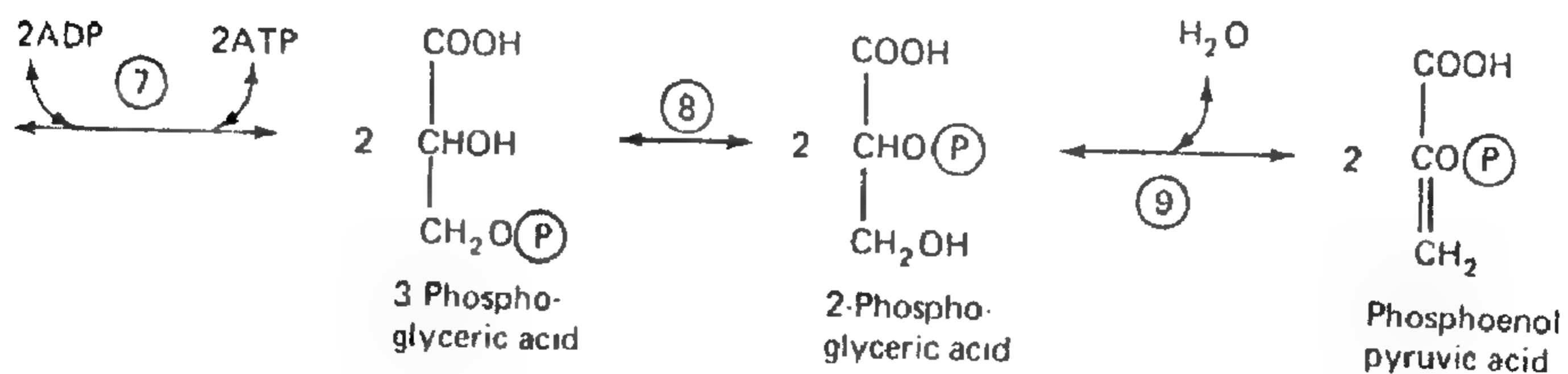
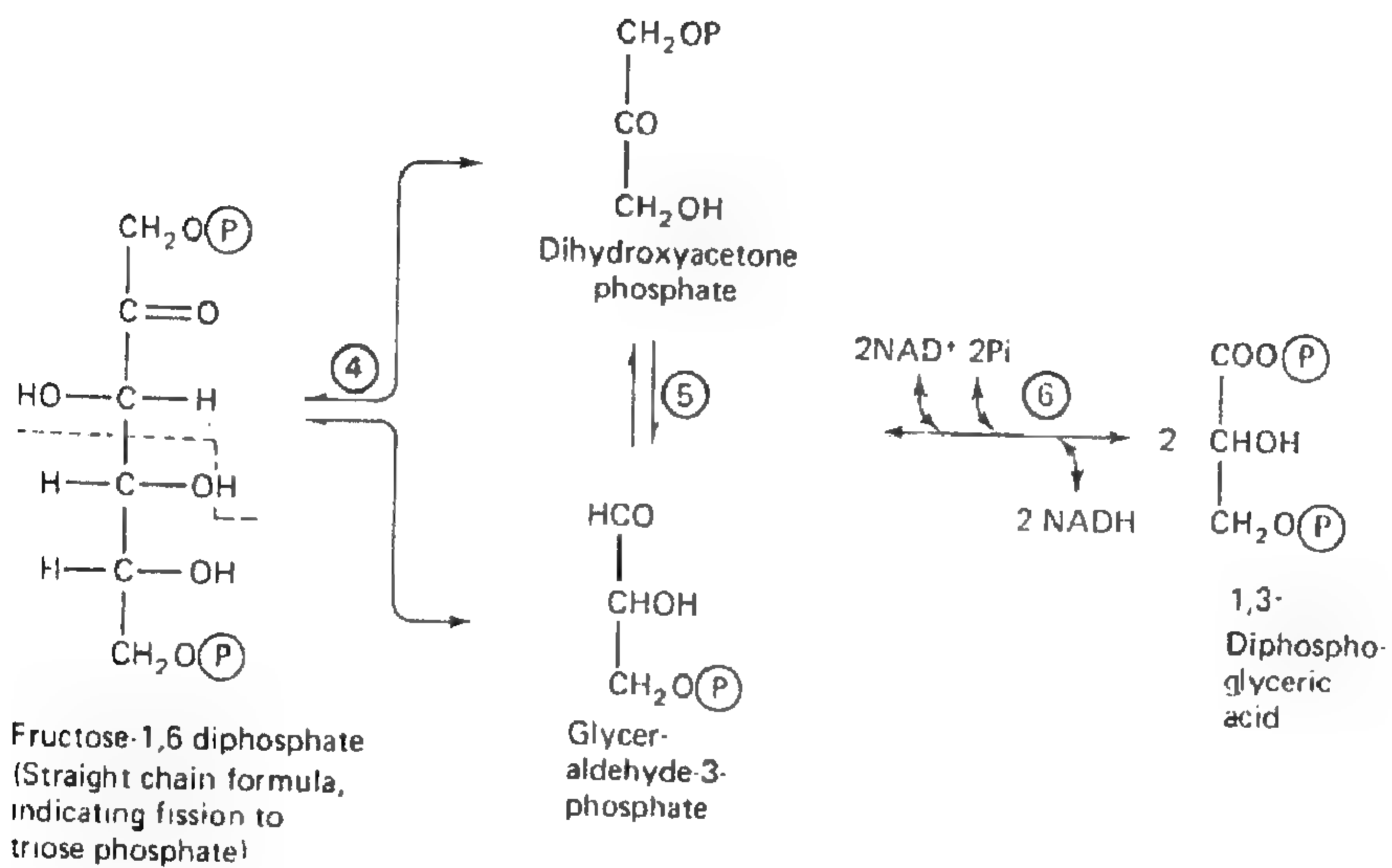
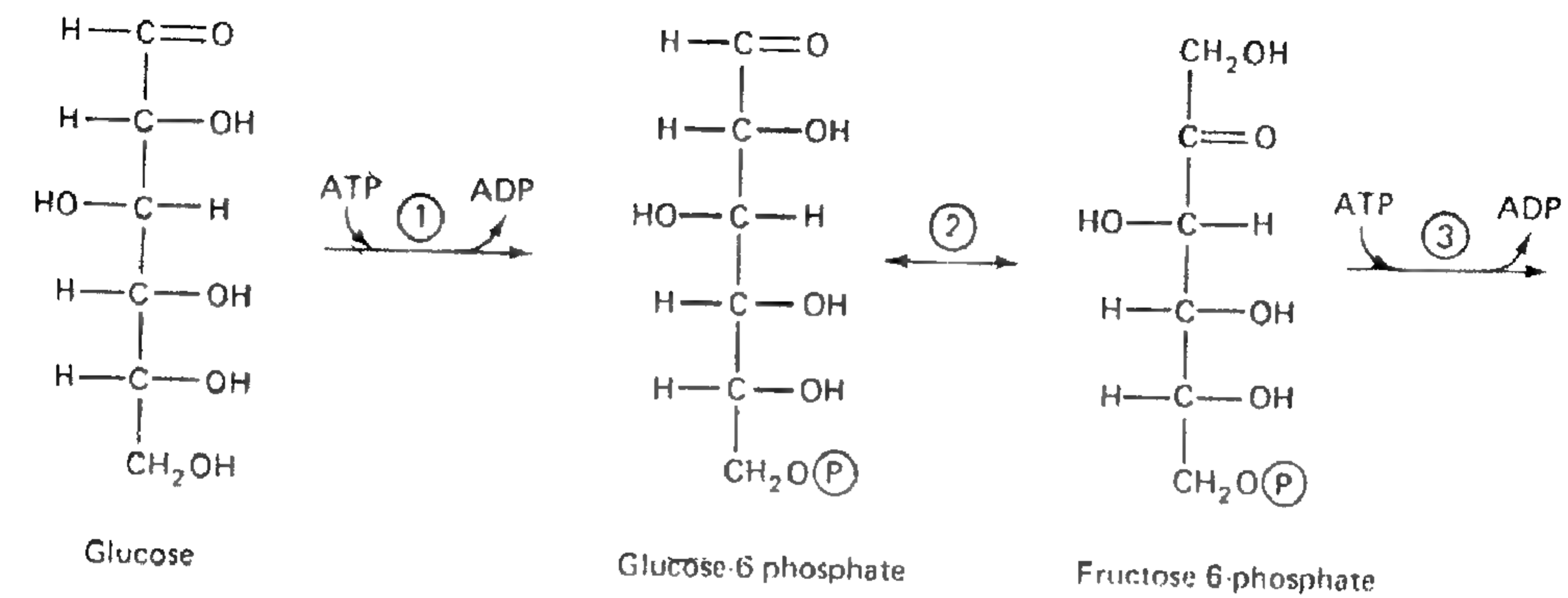


وهذه المعادلة في الواقع لاتوضح التفاعلات الوسيطة او النواتج الجانبية الأخرى المحتمل تكونها أثناء خطوات التنفس فعند قيام الخلية الحية بعملية التنفس يبدأ جزئى السكر اولا في العديد من خطوات التحول الى ان يتم تجزئته او كسره وأثناء هذه الخطوات لايتدخل الأكسجين مطلقا في التفاعلات بل يتم انفراد جزء ضئيل من الطاقة وتتكون بعض المركبات الوسيطة وانفراد هذا الجزء من الطاقة ماهو الانتيجة لعمليات أكسدة عن طريق نزع ذرات أيديروجين والكترونات من جزئى السكر ونواتج تحلله .

وقد امكن وضع النظريات الخاصة بسلسلة التفاعلات الكيميائية التى يتضمنها هدم جز الجلوكوز في عملية التنفس وتنقسم عملية التنفس عادة الى مرحلتين :-

أ- التنفس اللاهوائى :-

عبارة عن مجموعة من التفاعلات اللاهوائية تسمى اجمالا بعملية الجلكره Glycolysis او التخمر الكحولى Alecholic Fermentation متوقفا على نوع الكائن الحى فقد وجد ان الكائنات المختلفة تخترن الجلوكوز على صورة مركبات مختلفة فالانسان مثلا يخترن هذا السكر على صورة polysaccharide وهى الجليكوجين glycogen فى حين ان النبات يخترنه على هيئة مركب يشابه الجليكوجين وهو النشا



Starch ولحسن الحظ فإن التفاعلات في كلا العمليتين متشابهة فيما عدا المراحل الأولى والأخيرة حيث تختلف مواد التفاعل والمواد الناتجة مع ملاحظة ان هاتين العمليتين تشيران الى التفاعلات اللاهوائية anaerobic فقط الخاصة بتحلل جزئى السكر .

ويمكن مناقشه التفاعلات المبينة (شكل ٥١ على النحو التالى :

- ١ - يفصل جزئى سكر جلوكوز من مركب النشا او الجليكوجين ويفسفر على الذره رقم بفسفور غير عضوى .
- ٢ - جلوكوز ١ فوسفات يتحول الى جلوكوز ٦ فوسفات وتحتاج فى هذه الحاله الى جزئى ATP حيث يتحول الى ADP
- ٣ - جلوكوز ٦ فوسفات يتحول الى فركتوز ٦ فوسفات
- ٤ - يفسفر فركتوز ٦ فوسفات على الذرة رقم ١ ويصبح فركتوز ١ - ٦ فوسفات وهذه الخطوه غير رجعية ويمكن تحول فركتوز ١ - ٦ فوسفات الى فركتوز ٦ فوسفات عن طريق تفاعل آخر .
- ٥ - ينكسر فركتوز ١ - ٦ فوسفات الى مركبين وسطين كل منهما يحتوى على ٣ ذرات كربون ومجموعة فوسفور ويتحول كل منها للآخر ونحصل فى النهاية على الجلسريد المفسفر والذى يتحول الى حامض ثانى الفسفور عن طريق أخذ ذرة فوسفور غير عضوى وبذلك يصبح مركب غنى بالطاقة
- ٦ - عند تحول الحامض الثنائى الفوسفور الى الأحادى الفوسفور يحدث تكون ATP
- ٧ - حامض البيروفيك يتكون بعد نزع الفوسفور من المركبات الوسطية ويتكون أيضا ATP ، يتم تحول حامض البيروفيك اما الى كحول وثانى اكسيد الكربون كما فى حالة الخميرة او الى حمض لاكتيك كما فى الحيوان والأنسان .
- ٨ - تنتج نتيجة هذه التفاعلات الغير هوائية كمية قليلة من الطاقة تصل الى ٢٤,٠٠٠ سعراً علماً بأن جزئى السكر (الجلوكوز) به طاقه تقدر بحوالى ٦٨٦,٠٠٠ الف سعراً وهذه الطاقة الناتجة تكون مخترنه فى صوره جزئيات من ATP الغنية بالطاقة ($ATP \leftarrow ADP + 8,000$ سعر)
- ٩ - التفاعل الخاص بتحول الجلسر الدهيد الى حامض الجلسريك الثنائى الفسفور يمكن ايقافه عن طريق مادة مثبطه غير تنافسيه وهى خلات الايودين Iodoacetate حيث تبطل عمل انزيم الدهيدروجينيز .
- ١٠ - تعتبر كفاءه هذه العملية من ناحية انتاج الطاقة ٤٦ ٪ فقط حيث ان المفروض انتاجه هو ٥٢,٠٠٠ سعر .

وفي العادة لاتستطيع النباتات الراقية ان تعيش لمدة طويلة تحت ظروف لاهوائية
أى فى غياب الأكسجين كالحیوان والآنسان .

ب - التنفس الهوائى :-

التنفس الهوائى أى فى وجود تركيزات مناسبة من الأكسجين هى الوسيلة الوحيدة
لحصول النباتات او الكائنات الحية المختلفة على الطاقة اللازمة لها .

وقد تمكن العالم الأنجليزى Sir Hans Krebs من التعرف واقتراح الخطوات التى
تتم والتى تؤدى الى أنفصال جميع ذرات الكربون على صورة ك^٢أ وقد سميت هذه
الدورة تكريماً لمكتشفها بدورة كريس Krebs وتعرف بدورة الأحماض ثلاثية
الكربون . وقد منح هذا العالم جائزه نوبل فى علوم الطب عام ١٩٥٣ .

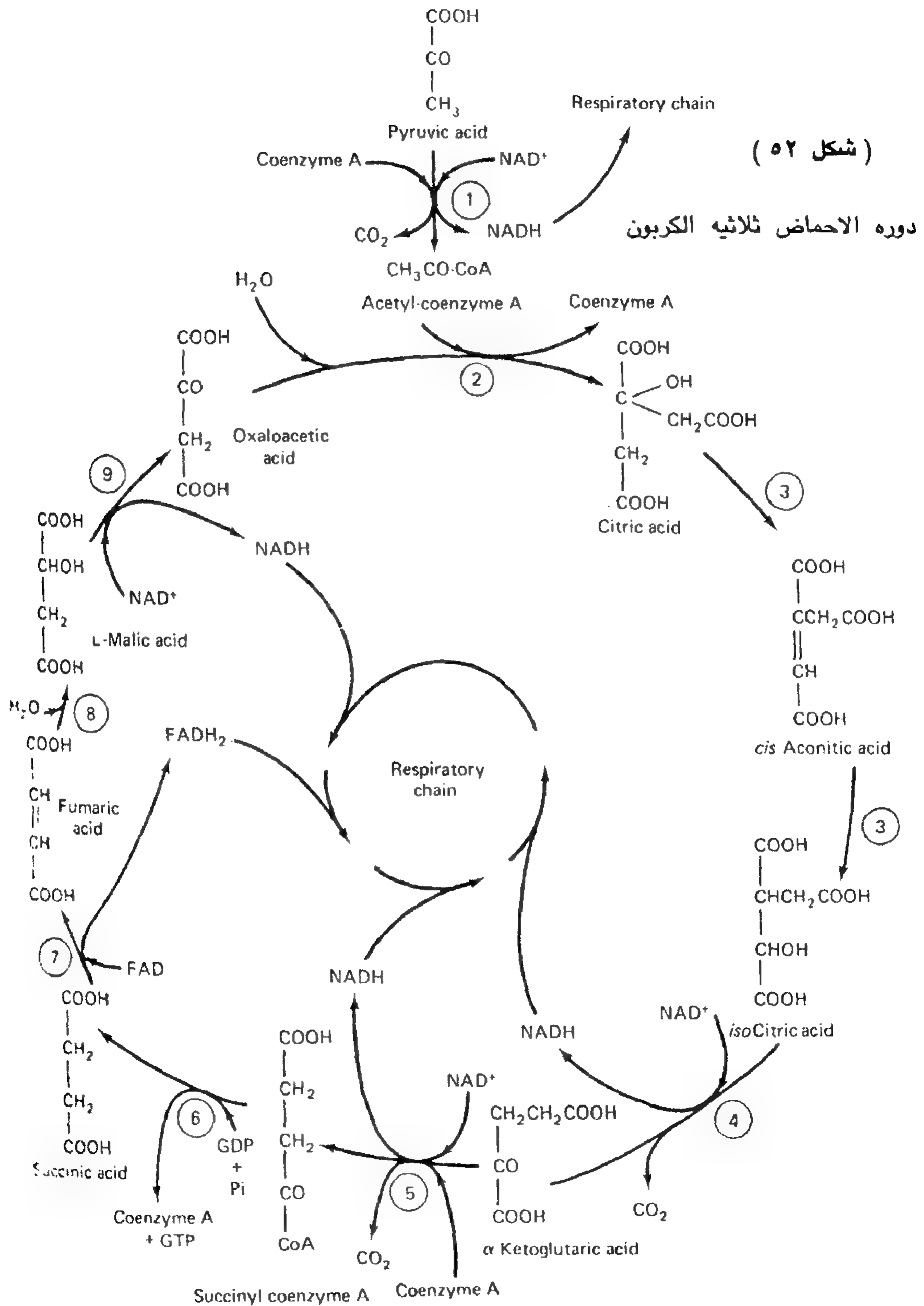
ويبين (شكل ٢) التفاعلات الخاصة بدورة الأحماض ثلاثية الكربون TCA .
ويلاحظ فى هذه الدورة أن :-

- ١ - الدورة تبدأ بأكسده حامض البيروفيك الناتج أثناء خطوات عملية التنفس
اللاهوائى
- ٢ - فى الدورة ثلاثة خطوات يكون نتيجتها نزع ٣ جزئيات من ثانى أكسيد الكربون أى
يتحول كل جزئى من جزئيات حامض البيروفيك (١ جلوكوز ← بيروفيك) الى ك^٢أ
- ٣ - الأكسدة تمت عن طريق نزع ذرات من الايدروجين بواسطة مركبات DPN^+
والتي تحول الى $DPNH_2$ أو FAD لتحول الى $FADH_2$ وقد تم نزع ٥ أزواج
من ذرات الايدروجين فى الدورة الواحدة
- ٤ - ينتج من الدورة جزئى واحد من مركب غنى بالطاقة وهو GTP ويشابه المركب
 ATP بل ويتحول اليه فعلاً كما يتم استهلاك ٣ جزئيات من الماء خلال الدورة
- ٥ - هناك تفاعلين يسمان يتفاعل الربط link Reaction يتم خلالها ربط بعض
المركبات مع بعضها عن طريق فقد او تثبيت ك^٢أ وللتفاعلين اهمية خاصة فى
عملية التحول الغذائى .
- ٦ - لم يلعب الأكسجين الجوى أى دور فى أكسده المركبات وبذلك تعتبر هذه الدورة
منتجه أساساً لغاز ثانى أكسيد الكربون عن طريق تحلل المركب الثلاثى الكربون
الى مكوناته .

ويجب تقسيم الأكسده الهوائية الى جزئين رئيسين هما :

١ - دورة الأحماض الثلاثية الكربون TCA :

وهى تمثل انحلال حامض البيروفيك الثلاثى الكربون انحلالاً تدريجياً ، يكون



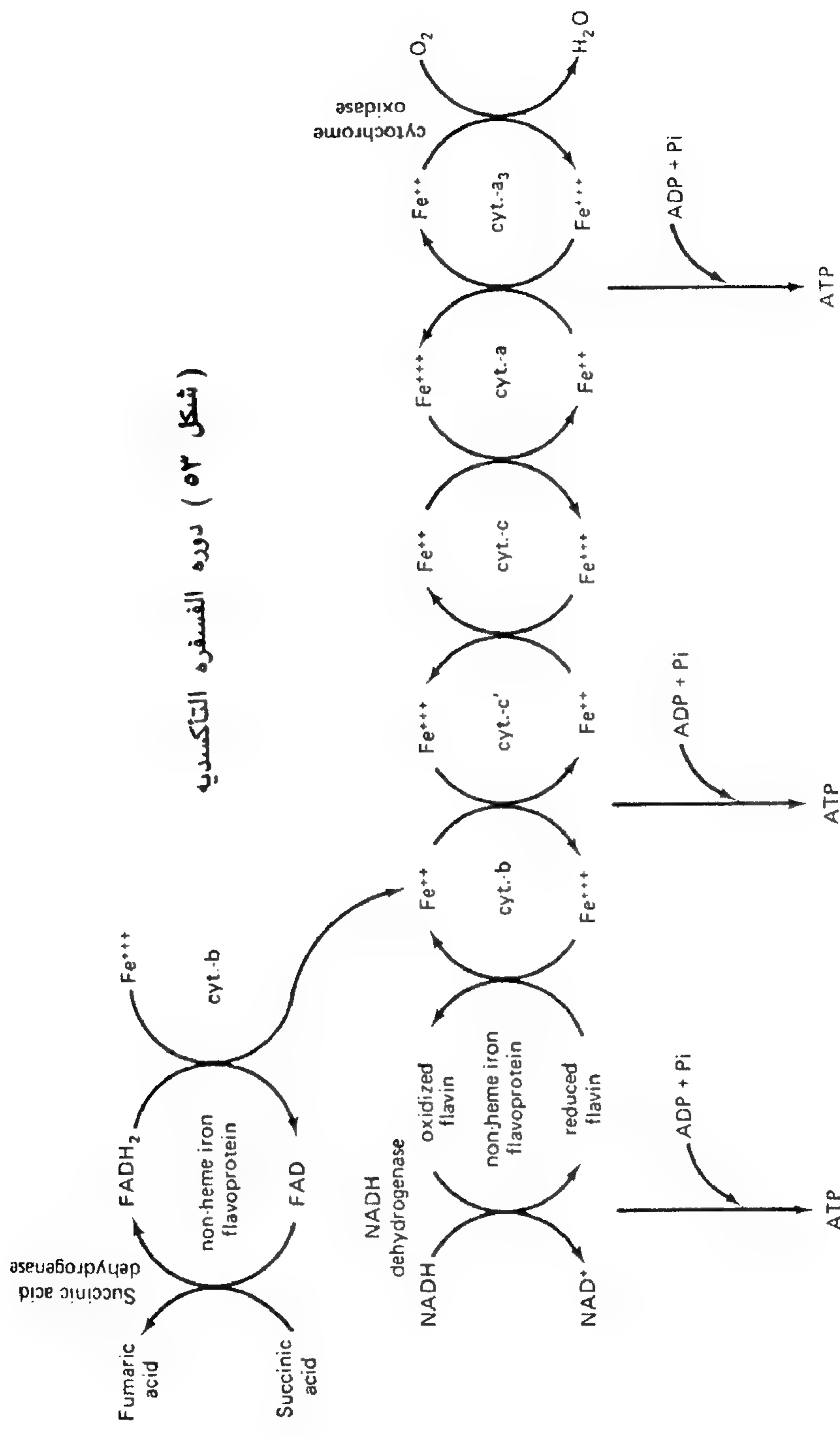
نتيجة تصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون ، ويتم نزع ذرات ايدروجين بواسطة المرافقات الأنزيمية ويستغل أثناءها بعض جزئيات الماء .

٢ - الأكسدة النهائية او الطرفية Terminal oxidation

يتم فيها انتاج جزئيات الماء وهى الناتج الثانى من نواتج عملية التنفس ، نتيجة اتحاد ذرات الايدروجين المحملة على المرافقات الانزيمية بأكسجين الجو وتعمل على اتمام هذه العملية عدة أنزيمات تسمى Terminal Oxidases .

وأهم انواع الانزيمات فى هذه العملية هو انزيم (cytochroma) ويعرف باسم Cytochrome Oxidase والذي يعتبر الأنزيم الطرفى الأساسى فى كل من النباتات الراقية والحيوان والانسان اى يعتبر الانزيم النهائى بالنسبة لسلسلة من التفاعلات تسمى اجمالاً بعملية انتقال الالكترون Electron Transport System وقد وجد أثناء هذه العملية يتم أكسده المرافقات الأنزيمية المختزلة ويصاحبها انفراد طاقة فى صورتين مختزنة على هيئة مركبات ATP (حيث يتم انتاج ٣ جزئيات من هذا المركب فى الدورة الواحدة) ، وصورة أخرى منفردة على هيئة حرارة .

وتقدر الطاقة الاجمالية لدورة واحدة لأكسدة جزئى واحد من $DPNH_2$ بأنها ٥٢,٠٠٠ سعراً يختزن منها كميته تقدر ب ٢٤,٠٠٠ سعر (٣ جزئيات من $DPNH_2$) والباقى ينفرد على صورة حرارية وقد سميت هذه الدورة باسم الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation لكونها مرتبطه بانتاج مواد فوسفورية غنية بالطاقة (ATP) (شكل ٥٣)



(شكل ٥٣) دوره الفسفرة التأكسدية

ويبين الشكل السابق سلسلة التفاعلات التي تنتهى بالانزيم الطرفى السيتوكروم a_3 حيث انها التفاعلات الوحيدة القادرة على انتاج مركبات ATP أى انها الوحيدة القادرة على اختزان جزء من الطاقة الناتجة من أكسدة المرافقات الأنزيمية ، كما يتبين أيضا ان الايدروجين والألكترونات يتم نقلها عبر سلسلة من التفاعلات الى مركبات السيتوكروم المختلفة ويكون الناتج هو الماء وتنفرد الطاقة فى صورة حرارية وفى صورة مختزنة على هيئة مركبات فسفورية هى الادنيوسين الثلاثى الفوسفور حيث يتم انتاج ثلاثة جزئيات من ATP

حساب الطاقة :-

يمكن مبدئياً حساب الطاقة المنفردة من جزئى الجلوكوز أثناء تأكسده أكسده كاملة على النحو الآتى :-

- ١ - فى عملية التنفس اللاهوائى تنتهى بانتاج حامض البيروفيك ، حيث يتم انتاج ٢ ، ١ جزئيات من الادنيوسين الثلاثى الفوسفات ATP تقدر الطاقة بها ب ١٦,٠٠٠ سعراً (٢ × ٨,٠٠٠ سعراً)
- ٢ - يتم انتاج ٢ من المرافقات الأنزيمية $TPNH_2$ أثناء التنفس اللاهوائى أيضا .
- ٣ - يتم أنتاج ٢ من مركبات (GTP) = (2 ATP) أثناء دورتين من دورات كربس تقدر الطاقة بهما ١٦,٠٠٠ سعراً (٢ × ٨,٠٠٠) .
- ٤ - يتم أنتاج ١٠ جزئيات من المرافقات الأنزيمية $DPNH_2$ وغيرها أثناء دورتين من دورات كربسى أثناء التنفس الهوائى .
- ٥ - بذلك يكون العدد الأجمالى للمركبات الفوسفورية الغنية بالطاقة حوالى ٤ جزئيات بها طاقة تساوى ٤ × ٨,٠٠٠ سعر = ٣٢,٠٠٠ سعر ، وكذلك يوجد العدد الأجمالى للمرافقات الأنزيمية ١٢ جزئى
- ٦ - حيث ان دورة الأكسدة الطرفيه تقدر الطاقة الأجمالية لأكسده واحد جزئى من المرافقات الأنزيمية بحوالى ٥٢,٠٠٠ سعر بذلك تكون الطاقة الناتجة من عملية تساوى ١٢ جزئى مرافق انزيمى $٥٢,٠٠٠ \times ١٢ = ٦٢٤,٠٠٠$ سعراً
- ٧ - بذلك يكون الطاقة الناتجة من اكسده جزئى جلوكوز أكسده كامله حوالى $٦٢٤,٠٠٠ + ٣٢,٠٠٠ = ٦٥٦,٠٠٠$ سعر وبذلك وبمعرفة ان الجلوكوز به ٦٨٦,٠٠٠ سعر عند احتراقه كاملاً تكون كفاءه عملية التنفس فى حدود $٩٦\% = ٦٥٦,٠٠٠ \div ٦٨٦,٠٠٠$ تقريباً

العوامل المؤثرة على عملية التنفس

١ - تركيز الأكسجين :

يلاحظ انه عند تقليل تركيز الأكسجين تدريجياً أى التحول من ظروف هوائية إلى ظروف لاهوائية يتناقص معدل التنفس تدريجياً الى ان يصل الى الحد الأدنى عند تركيز من الأكسجين يساوى ٥ ٪ تقريباً ، ثم باستمرار نقص الأكسجين يبدأ معدل التنفس في الارتفاع مرة أخرى وهذا التحول او التدرج في سرعة عملية التنفس عند تركيز ٥ ٪ من الأكسجين قد سميت "لظاهرة باستير" Pasteur Effect وهذه الظاهرة تم التعرف عليها من زمن بنباتات الخميره والأنسجة الحيوانية .

ومن الواضح ان زيادة تركيز الأكسجين الى ١٢ ٪ يزيد من سرعة عملية التنفس بدرجة ملحوظة ثم يقل تأثير الأكسجين او يصبح ساماً اذ زاد عن ذلك كثيراً بل قد يقتل النسيج النباتى تماماً .

وعموماً لايعتبر الأكسجين عاملاً محدداً للتنفس تحت الظروف الطبيعية ، حيث ان تركيزه بالجوى يعتبر كافياً جداً للتنفس الهوائى وهو ثابت الى حد ما ^{امائى} الأجزاء النباتية بالتربة او كائنات التربة فقد تتأثر نتيجة لقله الأكسجين اذا كانت التربة سيئة التهوية لثقلها او لغمرها بالماء .

٢ - الحرارة :

عموماً يمكن القول ان زيادة الحرارة (فى حدود معينة) يزيد من سرعة عملية التنفس بدرجة ملحوظة . هذا ولا بد من عدم اغفال ان المدة المتعرض لها النسيج النباتى للحرارة يعتبر عاملاً هاماً فى تحديد درجة التأثير على معدل تنفس هذا النسيج .

٣ - تركيز ونوع المواد الذائبة :

توفر المواد الغذائية بصورة ذائبة بخلايا النبات يؤدى الى زيادة معدلات التنفس باعتبار أن بقيه العوامل الأخرى تسمح بهذه الزيادة .

٤ - تركيز ثانى أكسيد الكربون :-

زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون (عند انخفاض درجة الحرارة او أثناء الليل مثلاً) بالأنسجة النباتية ، يعيق عمليات او تفاعلات التنفس سواء كانت تخمر كحولى او تنفس هوائى .

فزياده تركيز ثانى أكسيد الكربون بالخلايا يقل او يبطل عمل الأنزيمات الخاصة بنزع جزئيات ثانى أكسيد الكربون من المركبات الكربوهيدراتية وغيرها Decar-

boxylases كذلك فان زيادة تركيزك أ_٢ يؤدي الى ارتفاع الحموضة بالعصير الخلوى وسيتوبلازم الخلية مما له ابلغ الأثر فى التفاعلات الأنزيمية المختلفة .

٥ - الضوء :

يعتبر من العوامل المؤثرة تأثيراً مباشراً او غير مباشراً على عملية التنفس ، وأغلب الظن أن الضوء يشجع عمليات الأكسدة والأختزال بالتأكسد الطرفى عن طريق تأثيره على صبغات السييتوكروم المختلفة . اما تأثيره غير المباشر على عملية التنفس فانه يزيد حرارة الأنسجة مما يؤدي الى زيادة سرعة عملية التنفس .

٦ - درجة تبلل الأنسجة :

كلما ارتفعت درجة رطوبه الأنسجة كلما ارتفع معدل التنفس عادة ويرجع ذلك لزيادة احتياج الأنزيمات الى محتويات مائيه مرتفعه لان الماء هو وسط التفاعل او المذيب الذى يتم به هذه التفاعلات الحيوية بالأنسجة .

كذلك فان قلة الرطوبة تؤثر على درجة نفاذية الأغشية البلازميه للغازات مثل أ_٢ ك أ_٢ وبالتالي فإن نقص أ_٢ سيكون عاملاً محدداً فى حين ان زيادة تركيزك أ_٢ ستصبح عاملاً ضاراً ومعيقاً لعملية التنفس .

٧ - درجة تبلل السييتوبلازم :

تركز انزيمات التنفس وخاصة المسئولة على التنفس اللاهوائى بحاله ذائبة بالسييتوبلازم ، ويلزم لعملها درجات عالية من التبلل خاصة بالخلايا المرستمية النشطة والمحتوية على نسبة عالية من السييتوبلازم النشط المتميز بحركته الأنسيابية السريعة .

المواد الكيميائية :

بعض المواد الكيميائية لها تأثيرات واضحة على معدل التنفس وعلى نوع التنفس الذى يتم بالنسيج النباتى .

فقد وجد ان هناك بعض المعوقات مثل النيتروفينول الثنائى DNP وتسمى بالمعوقات الفاصلة Uncouplers حيث تقوم بفصل وايقاف عملية الفسفرة الهوائية عن عملية الأكسده الطرفية ، وبالتالي لايسطيع الكائن الحى تخزين أى من الطاقة اللازمه لعملياته الحيوية الاخرى .

كذلك وجد ان مواد الازيد والسيانيد الشديده السمية فهى توقف عمل انزيمات الأكسدة الطرفية نهائياً ، وبذلك لايمكن الكائن الحى من استعمال الأكسجين فى

التنفس وبالتالي لايمكن من انتاج الطاقة .

٦ - تأثيرات ميكانيكية :

بعض التأثيرات الميكانيكية كالتواء الاوراق او الافرع عند شدة الرياح مثلا تؤدي الى ارتفاع ملحوظ في معدلات التنفس ويرجع ذلك الى زيادة الطاقة اللازمة للنبات لمقاومة هذه العوامل الخارجية المؤثرة على استمرارية في النمو .

الزهرة The Flower

تعتبر الزهرة فرعا قصيرا متحورا ، يحمل اوراقا تؤدي وظيفة خاصة هي التكاثر الجنسي . وهذه الساق لا تقسم بسلاميات واضحة . والزهرة لا يوجد بها النمو المفتوح غير المحدود المميز للساق الخضرية حيث يتوقف النسيج الانشائي القمي عن النشاط بعد نشأ المحيطات الزهرية على محورها الذي يسمى التخت Receptacle . وهذه الظاهرة تبدو واضحة في النباتات الراقية عن الاوليه .

تخرج الازهار من ابط ورقه تسمى قنابة Bract وتختلف في الشكل واللون من نبات الى آخر ، وقد تحمل الزهرة على عنق pedice وقد لا يكون لها فتكون جالسة sessile . كما قد يوجد على عنق الزهرة اوراقا صغيرة تعرف بالقنبيات Bracteoles عادة ماتكون قنبيات

وتنقسم المحيطات الزهرية الى محيطات اساسية وهي الطلع Androcium والمتاع Gynoecium ومحيطات زهرية ثانوية هي الكأس Calyx والتويج Corolla

واذا امكن عمل قطاع طولي مارا بمركز الزهرة وقسمت الزهرة الى نصفين متشابهين متماثلين سميت زهرة متماثلة Symnelical وللتماثل نوعان اما ان تكون الزهرة وحيدة التناظر Zogomorphic حيث يكون التماثل في مستوى واحد فقط كما في البسلة وحنك السبع والفول والبانسيه . او تكون متعددة التناظر Actinomor- phic حي تتشابه كل المحيطات في اجزائها بعد الانقسام مثل العليق والورد . اما اذا لم تتماثل فتسمى زهرة غير متماثلة Assymmetrical كما في زهرة الكانا .

الكأس والتويج :

وهما محيطان عقيمان يطلق عليهما الغلاف الزهري Prianth ويوجد الكأس الى الخارج في مستوى اسفل من التويج — Corolla ووحدات الكأس تسمى سبلات Sepals ذات لون اخضر .. وظيفته الحماية ، حيث ان وحداته تتميز بالسبك والمتانة .. وقد تلتحم تلك السبلات مع بعضها كما في زهرة البسلة (ملتحمة السبلات gamosepalous) او تكون منفصلة السبلات Polysepalous كما في زهرة الكرنب واذا سقطت السبلات عند تفتح الزهرة عرف بالكأس المتساقط deciduous كما في زهرة الخشاش papaver spp. او تظل باقية بعد التفتح وتكوين الثمرة ويعرف بالكأس المستديمه Persistent كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae وقد ينمو مع

الثمرة ويتخشب كما في الرمان. وللأكاس عدة اشكال منها الانبوبي Tubular او على شكل مهماز Spur حيث يتجمع فيه الرحيق كما في العايق Delphinium او يكون ذو شفتين كما في السلفيا Salvia او كل هيئة زغب كما في عباد الشمس او تكون السبلات دقيقة جداً او منعدمة كما في ازهار العائلة الخيمية Umbelliferae وقد يوجد محيط آخر خارج الكأس يطلق عليه تحت الكأس epicalyx كما في زهرة القطن والفراولة .

اما التويج فهو يلي الكأس وتعرف وحداته بالبتلات Petals وتقوم بجذب الحشرات بالاضافة الى حماية الاعضاء الاساسية وتتميز بوجود الوان جذابة غالباً ، ويرجع اللون في البتلات الى الصبغات الذائبة او الموجودة في داخل البلاستيدات او كلاهما . والصبغات الذائبة هي غالباً صبغة الانثوسيانين المسببة للون الاحمر والازرق والبنفسجي كالموجودة في البنفسج والسوسن الازرق ، ويرجع تغير اللون عند التقدم في العمر الى تغير درجة الحموضة داخل الخلية ، اما الصبغات الموجودة في البلاستيدات فهي الكاروتين وتسبب ظهور الالوان الاصفر والبرتقالي والاحمر .. وقد يكون التويج ملونا باللون الاخضر .. وقد لا يوجد كما في ازهار بعض انواع العائلة الشقيقية .

وللبتلات اشكالا مختلفة فمنها الانبوبي كما في الازهار التي تتوسط زهرة عباد الشمس ، والشعاعي في الازهار الخارجية من نفس النوره . ومنها القمعي كما في زهرة البتونيا Petunia . والمستدير المفلطح كما في زهرة الطماطم وقد يكون للتويج شفتان كما في السلفيا او تأخذ شكلا متعامدا صليبييا كما في العائلة الصليبية .
المحيطات الاساسية :

وهي الطلع والمتاع حيث يوجد الطلع Gynoecium والمتاع الى الداخل واذا وجد في زهرة وكانا في حالة خصبة كانت الزهرة خنثى Hermaphrodite or Bisexual . اما اذا وجد احدهما فتعرف بوحيدة الجنس Unisexual وقد تكون طلعية اي مذكرة في حالة وجود اسدية فقط او كربلية اي مؤنثة في حالة غياب الطلع . واذا وجدت الازهار المذكرة والمؤنثة كل منهما على نبات واحد كما في الذرة . سمي النبات احادي المسكن Monoecious . اما اذا وجدت الازهار المؤنثة على نبات والمذكرة على نبات آخر سمي النبات ثنائى المسكن Dioecious كما في نخيل البلح .. وان لم يكن للزهرة اعضاء تناسل خصبة فهي عقيمة Sterile .

١ - الطلع :

يتم فيه تكوين حبوب اللقاح التي تحتوى على انوية ذكرية . ويتكون الطلع من اسدية Stamens تتكون بدورها من خيط رفيع Filament - يحمل في قمته المتك

Anther .. والمتك هو مكان انتاج حبوب اللقاح المعروفة بالجراميم المدكرة Microspores . ويكون عدد الاسدية غالبا من ٤ - ١٠ ويتفق ذلك مع عدد البتللات والسبلات غالبا .. وقد يتضاعف .

وقد تلتحم بعض الاجزاء مع بعضها فتكون سائبة الخيوط والمتوك او ملتحمة الخيوط سائبة المتوك او ملتحمة المتوك سائبة الخيوط .

وخيوط السداة من الناحية المورفولوجية هو عنق الورقة السدائية وهو مختلف في الشكل والطول ويختلف مكان اتصال المتك بالسداة فقد يكون الاتصال من الخلف ويعرف بالاتصال الظهري او يكون الاتصال من القاعدة او يكون متحركا نتيجة الاتصال في نقطة واحدة .

والمتوك غالبا سائبة الا انها قد تلتحم مكونة انبوبة وتوجد منطقة عقيمة في منتصف المتك تعرف بالموصل Connective يتم عن طريقها الاتصال بالخيوط وتخترقها الحزم الوعائية التى تسير فى الخيط ليتم توصيل المواد الغذائية اللازمة لنضج حبوب اللقاح .

والمتك عادة ذو فصين بكل منهما حجرتين نتيجة لوجود حاجز فاصل واذا غاب هذا الحاجز اصبح فى كل فص حجرة واحدة . ويوجد على الجانب الداخلى للمتك مجرى عميق كما يوجد مجرى اقل عمقا على طول كل من جانبيه كل فص حيث ينفتح المتك غالب من هذين المجريين الجانبين يفتح المتك بشق مشترك يحدث بين حجرتى الفص ولا تعتبر بشرة المتك مسئولة عن هذه العملية - بعكس طبقة تحت البشرة والتي تسمى بالطبقة الليفيه وهى مكونة من جدر سميكة داخليا ، اما الجدار الخارجى فهو رقيق ، وعند نضج المتك وجفاف خلاياه تنكمش الخلايا الليفيه ويؤثر ذلك على الجدر الخارجية الرقيقة اكثر من الجدر الداخلية ، مما يؤدى الى انشقاق كل من فصى المتك من مكان الانفتاح . حيث تكون جميع الخلايا ذات جدر رقيقة .

وتخرج حبوب اللقاح وهى اجسام صغيرة كروية الشكل او بيضية او مفلطحة . تظهر على شكل مسحوق مختلف الالوان باختلاف النباتات .

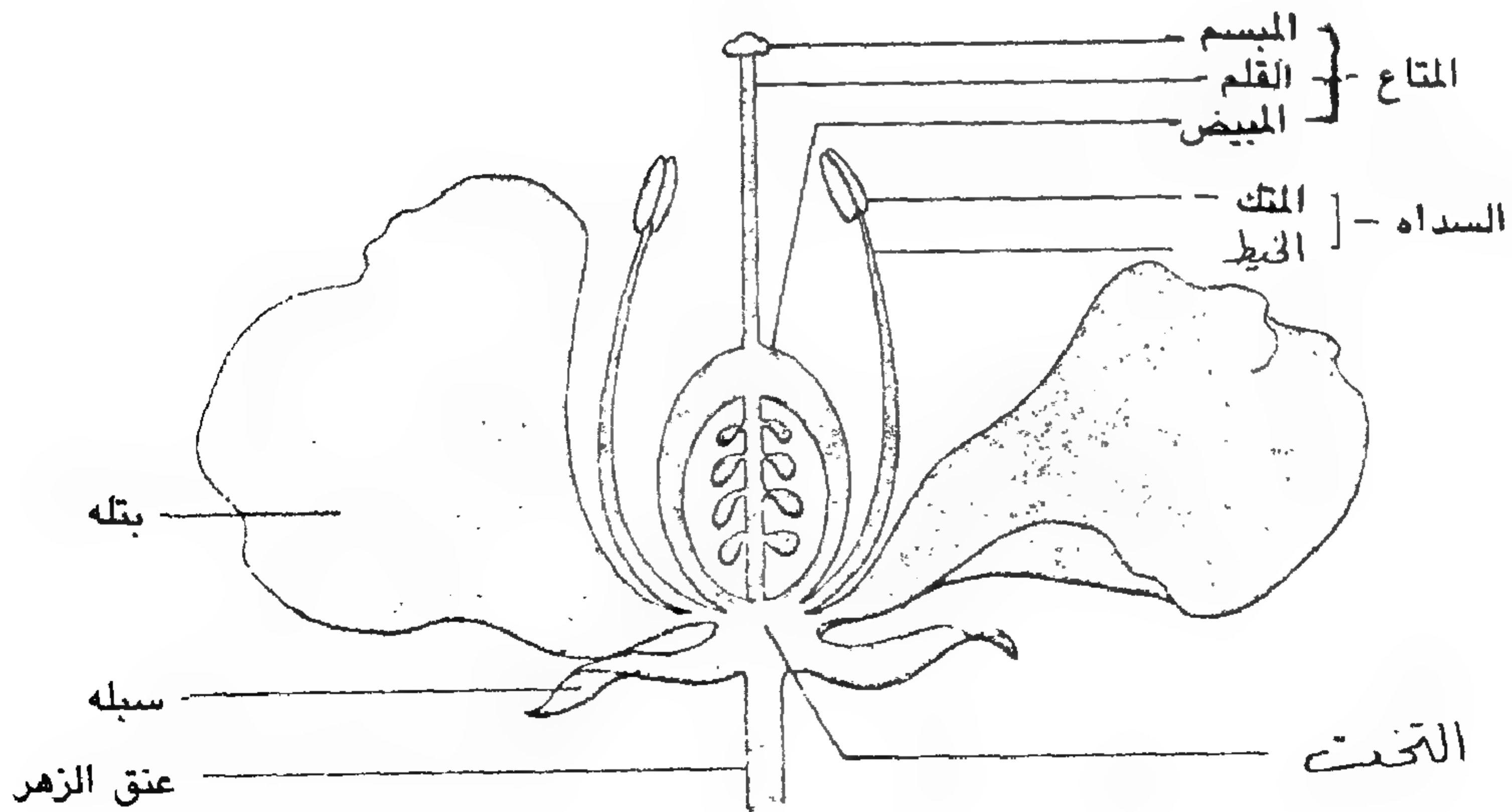
٢ - المتاع : Gynoecium

يوجد المتاع فى مركز الزهرة . وهو عضو التانيث تتكون بداخله الانوية الانتويه ويتركب من عدد من الاوراق المتحورة تعرف الواحدة منها باسم كربله Carpel . هذه الورقة التفت الحافتان والتحمتا لتكون فى الجزء السفلى منها المبيض Ovary وفى الجزء العلوى جزء مستطيل يعرف بالقلم Style ينتهى هذا الجزء بانتفاخ يتخذ

اشكالا متعددة كالشكل المفلطح والكروى والريشى يطلق عليه اسم الميسم Stigma واحيانا قد لا يوجد القلم فيتصل الميسم بالمبيض .

ويحتل المتاع مركز الزهرة فاذا كانت الاجزاء الاخرى اسفله والمتاع علوى سميت الزهرة سفلية .. واذا كان التخت مقعرا والمبيض بداخله ويتحد بالجدار وتخرج اجزاء الزهرة الاخرى من قمة التخت سميت الزهرة علوية والمتاع سفلى كما فى التفاح والقرع . والحالة الثالثة ان يكون التخت مسطح او مقعرا كأسيا والمبيض فى الوسط والأجزاء الاخرى حوله سميت الزهرة محيطية كالورد والمشمش .

ويتركب المتاع من كربله واحدة او عدة كرابل منفصلة ويسمى فى هذه الحالة متاعا بسيطا simple pistil ومن امثله النباتات ذات الكربلة الواحدة المشمش والعائلة الفراشية .. ومن نباتات سائبه الكرابل Apocarpous الورد - الفراوله - نخيل البلح - شقائق النعمان . وقد يكون المتاع مكونا من عديد من الكرابل الملتحمة Syncarpus ويطلق عليه ملتحم الكرابل او المراكب compund وتختلف النباتات فى مواضع الالتحام الكرابل فمنها مايكون الالتحام فى جميع الاجزاء كما فى العائلة الصليبية او يكون الالتحام فى الاقلام والمياسم كالونكه ، او يكون الالتحام فى المبايض والاقلام دون المياسم كما فى حنك السبع والعائلة السوسنية او يكون الالتحام فى المبايض فقط كما فى العائلة القرنفلية .. او لا يكون الا فى قواعد المبايض كما فى نبات السلقيا والسذب .



(شكل ٥٤) الزهرة

وفي حالة المتاع المركب قد ينقسم تجويف المبيض الى عدد من المساكن .. Loculi وهذا العدد يتساوى مع عدد الكرابل اذا كان الانقسام ناتج من حواجز حقيقية هي جوانب الكرابل كما في العائلة الزنبقية ، اما اذا زاد عدد المساكن عن عدد الكرابل فانها تكون بوجود حواجز كاذبة ناتجة من نمو اجزاء جديدة من جدار المبيض الى الداخل كما في ازهار العائلة الصليبية .

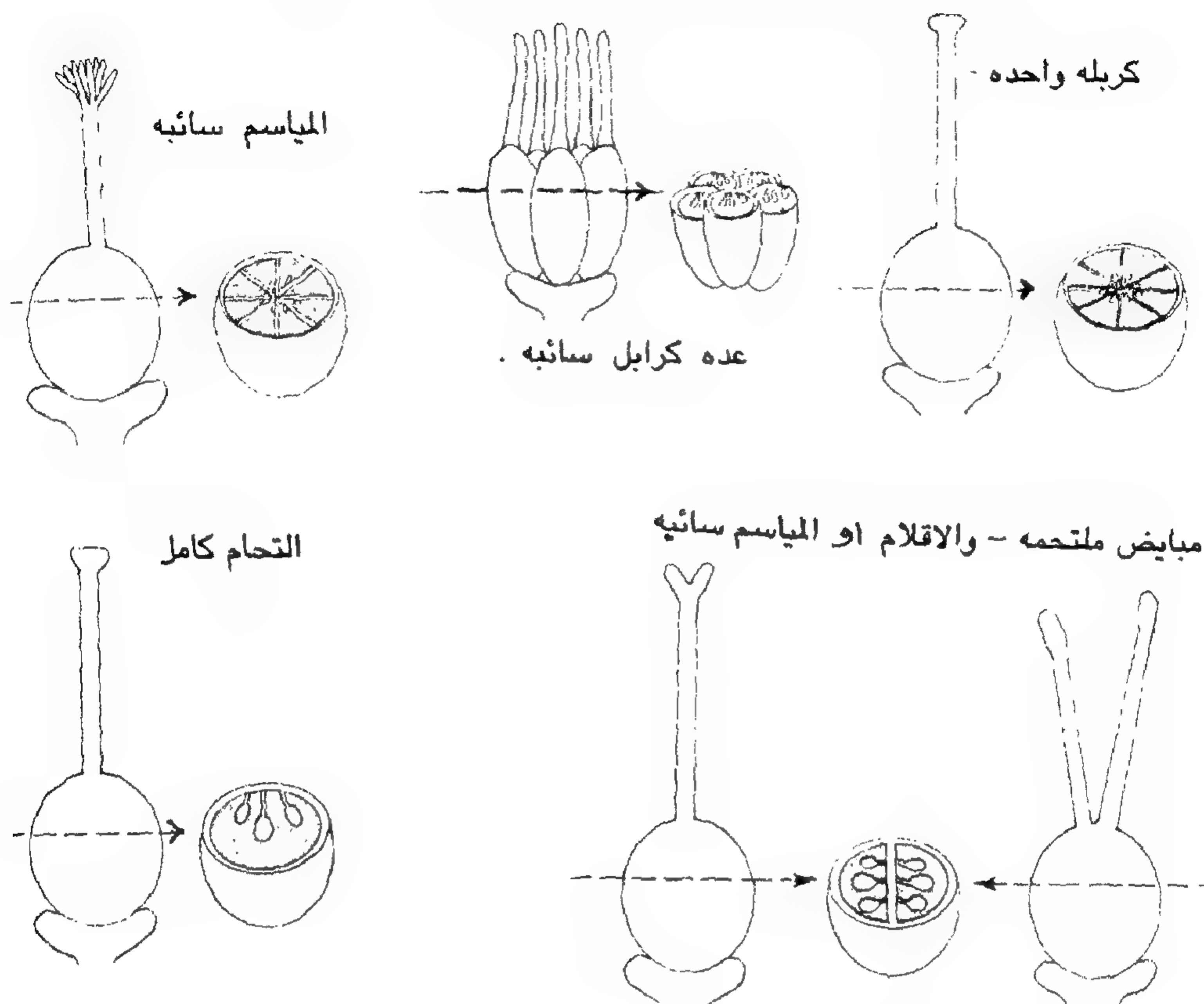
وعند التحام الحواف لتكوين المبيض يتكون خط يعرف بخط التدريز الامامى ، يوجد على طول نسيج حافى داخلى ناشئ من التفاف حافتى الكربله الى الداخل يعرف بالمشيمة Placenta ، وهى التى تحمل البويضات . وتتصل البويضة بنسيج المشيمة بخيط يعرف باسم الحبل السرى Funiculus . ومكان هذا الاتصال يعرف بالسره hilum . وغالب يكون عدد المشيمات مساو لعدد الكرابل . وتتصل البويضات بالمبيض بنظام ثابت فى النوع الواحد يعرف بالوضع المشيمى Placentation .. فقد تكون البويضات مرتبة فى صفوف على جدار المبيض او تظهر فى صفوف على المحور الناشئ من تلاقى الكربلتين ويعرف هذا الوضع بالمشيمى الجدارى Pasietal كما فى البانسىه والبنفسج . او يكون محوريا axile او مركزيا سائبا Free central كما فى البرميولا Primula والرجلة والجيسوفيلا - او قاعديا Basal كما فى نخيل البلح وعباد الشمس والبنجر والسلق . او قمعي Pendulus كما فى المشمش والقمح والتوت . او مركزيا Axile كما فى الموالح والبتونيا . او حافيا marginal كما فى البقوليات .

ويتكون المبيض تشريحيًا من بشرة خارجية وبشرة داخلية متشابهتان تقريبا يفصل بينهما نسيج اساسى برانشيمى ، كما توجد حزمة وعائية رئيسية فى الناحية الظهرية للكربلة وحزمتان جانبيتان على حافتى الكربلة .

اما البويضة فتتكون من الكيس الجنينى Embryo sac يحيط به النيوسبله Nucellus وتحاط النيوسيله بأغلفة البويضة Integuments . وتتصل النيوسيله بخارج البويضة عن طريق النقى Micropyle ، وهو ثقب صغير فى الأغلفه ، وفى منطقة اندماج الاغلفة بالنيوسيله عند قاعدة البويضة يوجد ما يعرف بالكلازا Chalaza .

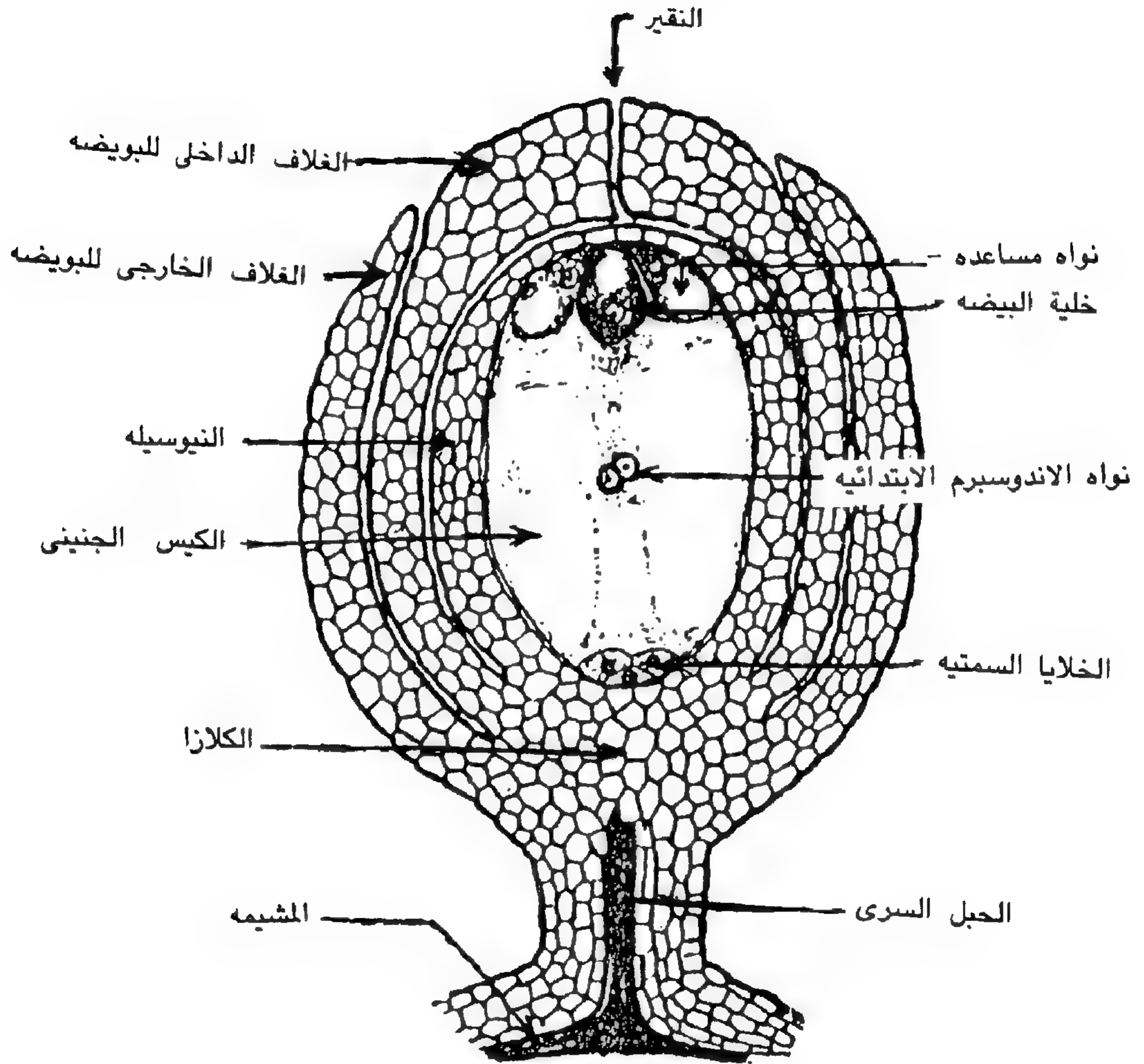
اما داخل الكيس الجنينى فيلاحظ وجود ثلاث انوية تعرف بجهاز البيضة Egg apparatus وذلك جهة الطرف النقى والثلاثة انوية هى خلية البيضة Egg cell ونواتان مساعدتان synergidae . كما توجد من الجهة الاخرى الطرف الكلازى ثلاثه انوية تعرف بالخلايا السمتية او القطبية Antipodal cells تحاط كل منها بسيتوبلازم وجدار خلوى .

(شكل ٥٥) بعض حالات التحام الكرابل في الزهره .

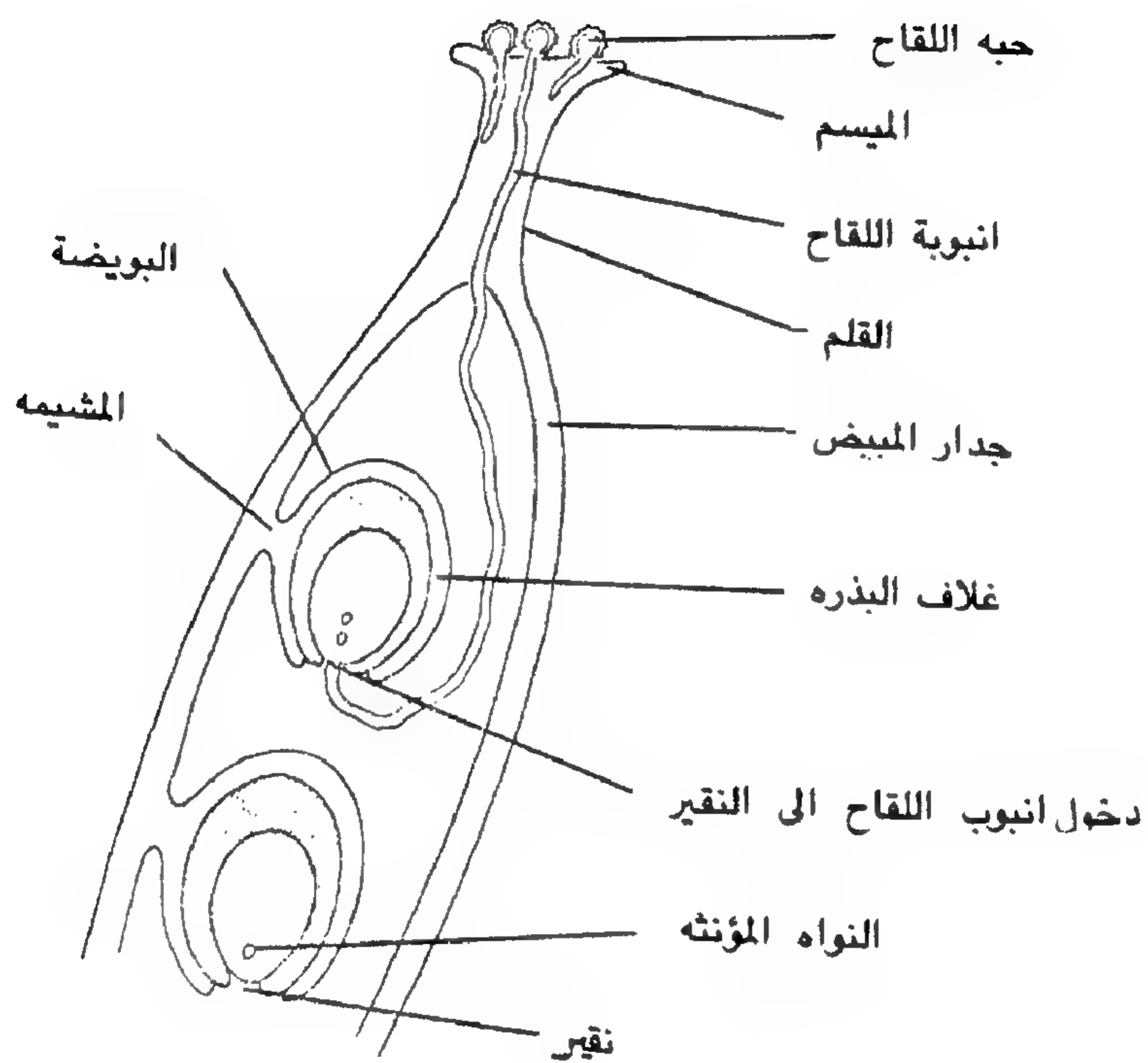


كما يوجد في وسط الكيس الجنيني نواة الاندوسبرم الابتدائية . Primary endosperm nucleus والتي تعرف بنواة الكيس الجنيني وتتكون بدورها من نواتين يتحدان مع بعضهما قبل الاخصاب .

وتتخذ البويضة عدة اشكال تختلف في موضع النقيير وشكل الكيس الجنيني فاذا وقع الحبل السرى والكلازا والنقيير على خط مستقيم واحد والنقيير ابعد اجزاء البويضة عن المشيمة سميت البويضة المستقيمة Orthotropous واذا كان الغلاف الخارجى متحدا جزئيا مع الحبل السرى ويقع النقيير على جانبى الحبل السرى مواجهها للمشيمه . والكلازا ابعد اجزاء البويضة عن المشيمة والكيس الجنيني مستقيما سميت بالبويضة المنعكسة Snatrpous وهى الأكثر انتشارا وقد تأخذ اشكالا اخرى فتكون نصف منعكسة Hemitropous كما فى البرميولا وبعض افراد العائلة الباذنجية . او كلوية Campylotropous كما فى بعض افراد العائلة البقولية ، او منحنية Amphitropous او ملتفة Circinotropous كما فى التين الشوكى .



(شكل ٥٦) شكل توضيحي للبويضه



(شكل ٥٧) طريقه الاخصاب

النورات . The Inflorescence

توجد الزهرة اما في حالة فردية في نهاية الساق او في ابط ورقة . او تتجمع وتخرج كل جزء من الساق وتعرف باسم النورة حيث تتكون من ساق يسمى محور النورة او الشمراخ يحمل الازهار وللنورات صوراً واشكالا مختلفة يمكن تقسيمها الى :

١ - نورات بسيطة :

وفيهما يحمل الشمراخ الازهار مباشرة ويوجد منها الانواع :

١ - نورات بسيطة محدودة cymose

حيث ينتهى المحور الزهرى بزهرة ويقف عن النمو وتخرج الازهار الاخرى على محاور ثانوية ومنها :

١ - وحيدة الشعبة **Monochasium** : حيث تخرج المحاور احادية تحت كل زهرة

٢ - ثنائية الشعب **Dichasium** : وفيها تخرج المحاور ثنائية وكل اثنين يكونان متقابلان ومتساويان في العدد .

٣ - عديد الشعب **Polychasium** : وفيها تتعدد المحاور وتكثر تحت كل زهره (الكافور)

ب - نورات بسيطة غير محدودة : **Racemose**

١ - عنقودية **Racemc** : وفيها تكون الازهار معنقة وعلى محور مستطيل كما في نبات حنك السبع والمنتور

٢ - مشطية **Corymb** : وتكون الازهار ذات اطوال اعناق مختلفة حيث تقصر

بالتدريج من اسفل الى اعلى وتنتظم الازهار في مستوى واحد كما في الايبرس **Iberia**

٣ - خيمية : **Umbel** وفيها يكون المحور قصير والاعناق متساوية وتبدو الازهار وكأنها خارجة من نقطة واحدة

٤ - سنبلية **Spike** : المحور مستطيل والازهار جالسه مثل لسان الحمل **Plantago**

٥ - اغريضيه **Spadix** : تشبه سابقتها الا ان المحور يكون متشحم وغلظ .

والازهار وحيدة الجنس تغلفها قنابة كبيرة تعرف باسم القينوه **Spathe** . قد تكون

ملونة كما في القلقاس والكالالا **Calla** . او خضراء كما في نخيل البلح كما ان الاغريض

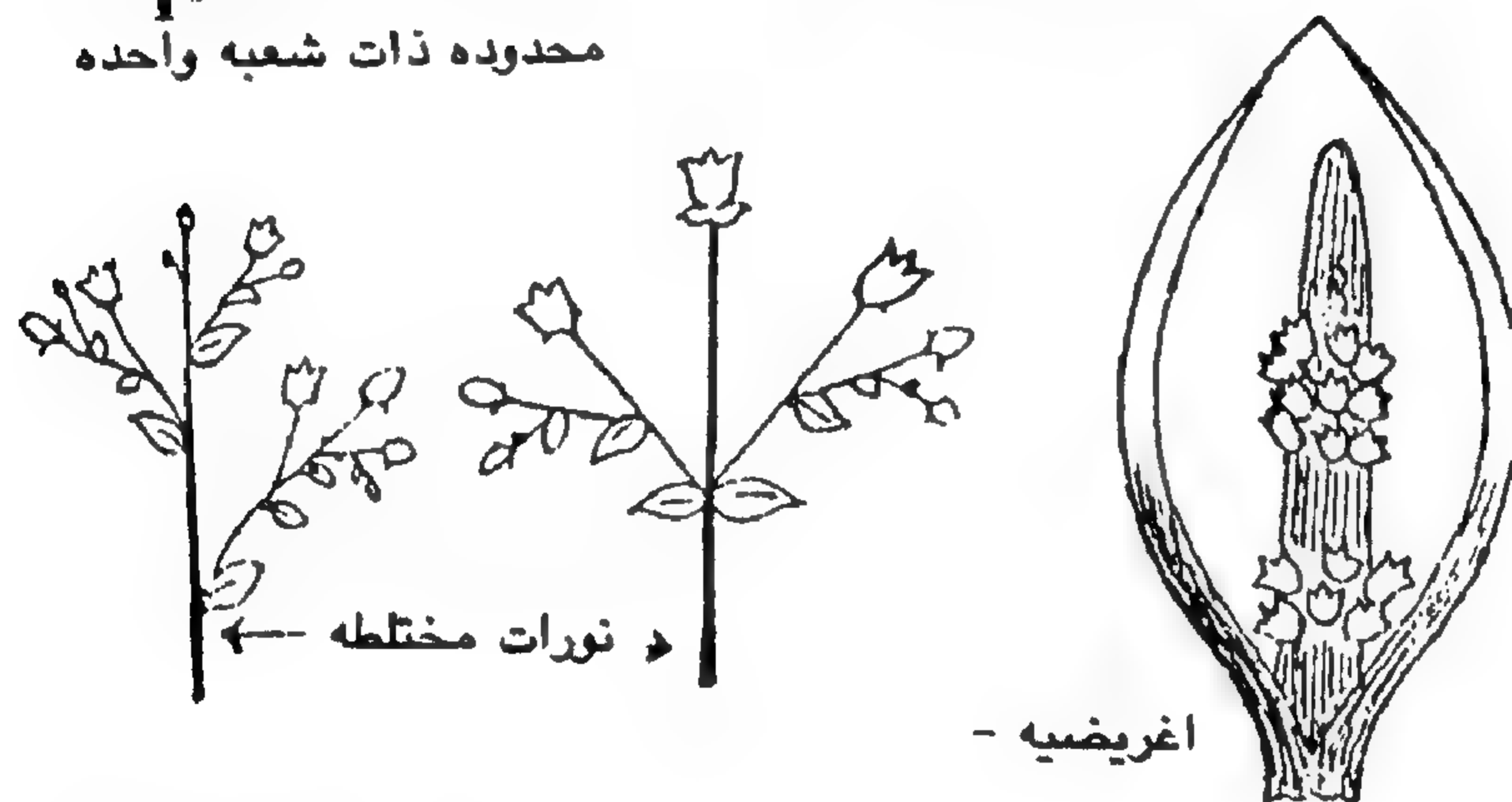
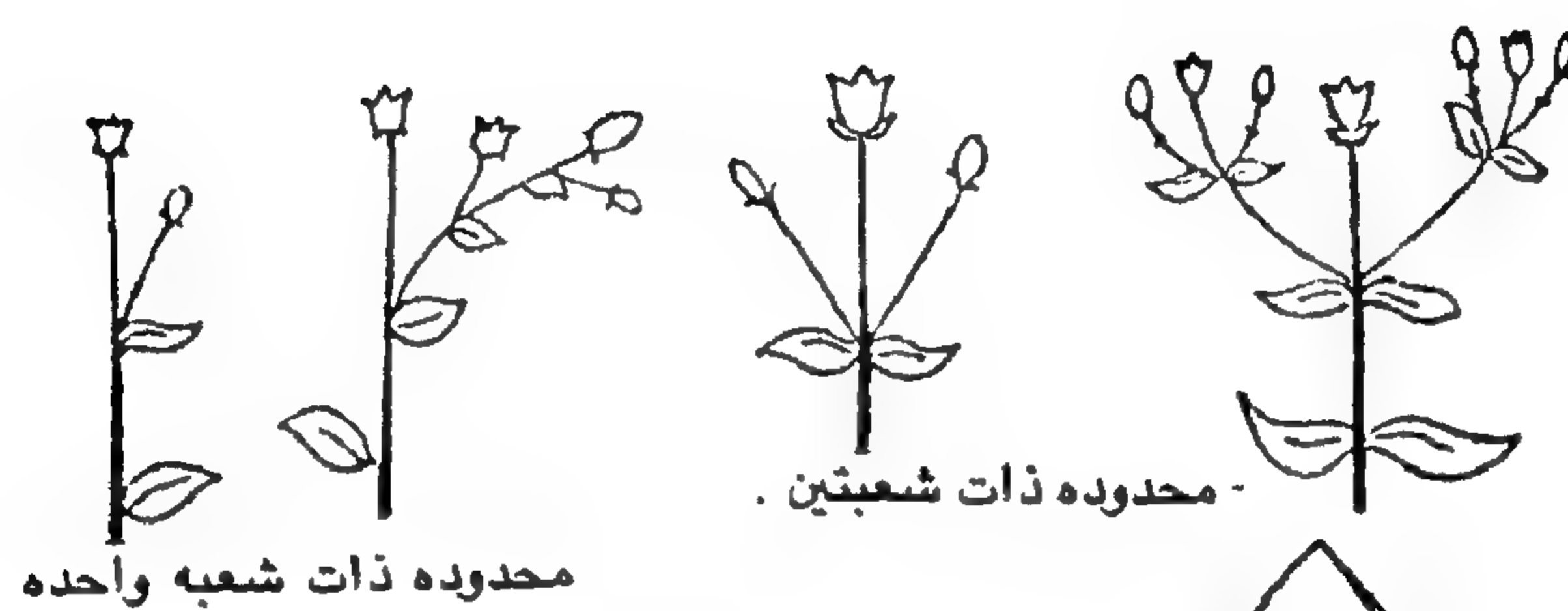
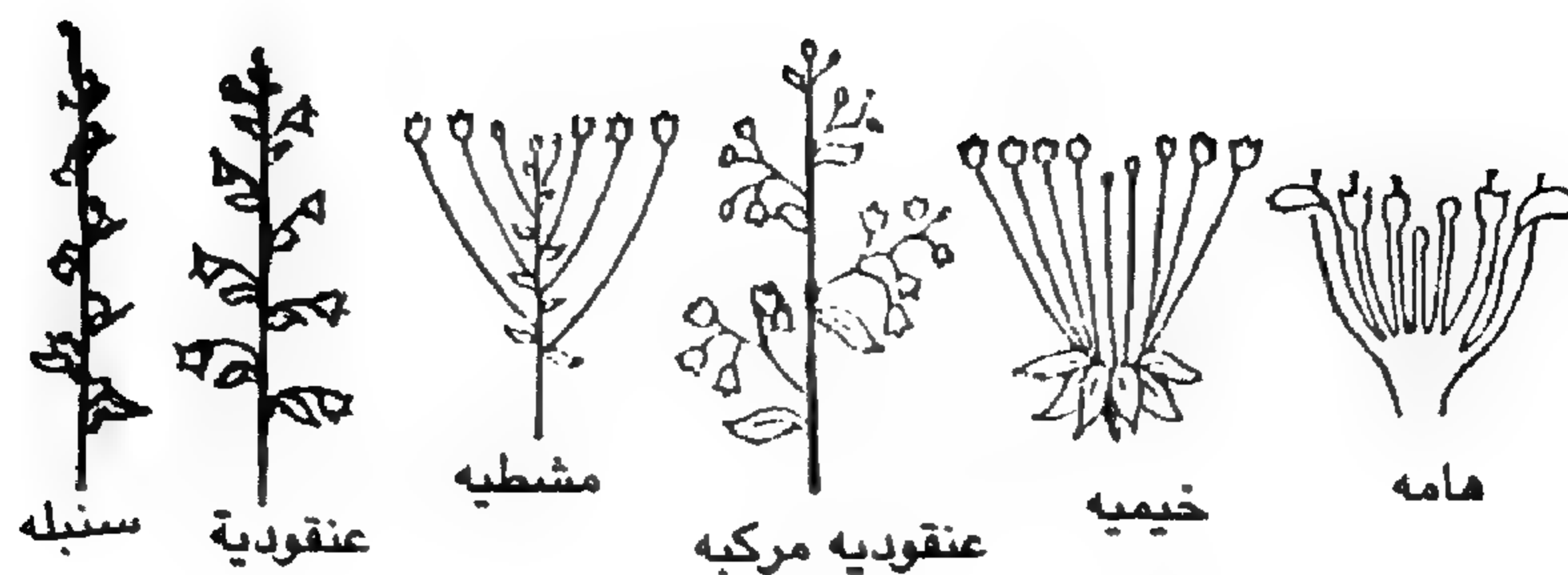
فيه متفرع الى عدد من النورات السنبلية .

٦ - الهامة **Capitulum** : ويأخذ المحور اشكالا متعددة كالكروى او المقعر والمحدب

والمفلطح . والازهار جالسة وتوجد الازهار الصغيرة للداخل . ويحيط بالنورة مجموعة

القنابات تعرف بالقلافة . تبدو النورة كلها كزهرة واحدة كما في العائلة المركبة حيث

تكون من نوع واحد . اما في عباد الشمس فهى من النوعين .



محدودة عديدة الشعب



(شكل ٥٨) انواع النورات :

٧ - الهريه Catkin : تحمل ازهار وحيدة الجنس وهى تشبه النورة السنبله وتتدلى النورة من الساق وغالبا تكون القنابات حرشفية كما فى نورة الصفصاف .

(٢) نورات مركبة :

أ - محدودة :

١ - احادية الشعبة : كالكتان Linum

٢ - ثنائية الشعبة : كنبات جبسوفيللا وهى عادة مركبة من ثلاث نورات .

٣ - متعددة الشعب : مثل البيلسان

ب - غير محددة :

١ - عنقودية مركبة : مثل الرتم

٢ - سنبله مركبة : القمح والشعير

٣ - خيمية مركبة : الكراويه .. والشمر والينسون .

(٣) نورة مختلطة Mixed

حيث يكون المحور الاصلى غير محدود على حين تكون الفروع الجانبية محدودة . او العكس كما فى العنب . اما نورة البصل ، الخبازى الافرنجى فهى نورة مركبة محدودة احادية الشعبة التحمت محاورها فبدت مكتظة تشبه الخيميه .

التلقيح والاختصاص

ان الوظيفة الاساسية للزهور هى التكاثر .. وتبدأ اولى عمليات انتاج البذور بالتلقيح يعقبه الاختصاص

التلقيح : pollination

التلقيح هو نقل أو انتقال حبوب اللقاح (الجاميطات المذكرة داخل حبة اللقاح) من متك الأسدية الى مياسم المتاع ويتم باحدى صورتين .

(أ) التلقيح الذاتى : self pollination

ويتم بانتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة الى مياسم نفس الزهرة والامثلة على ذلك كثيرة - العنب (معظم الأصناف) والخوخ (معظم الأصناف) والبرقوق (بعض الأصناف الاوروبية) واللوز والفراولة (معظم الأصناف) والموالح والطماطم والفلفل والبادنجان والفاول وبسلة الأكل وبسلة الازهار .

(ب) التلقيح الخلطي : cross pollination

ويتم بانتقال حبوب اللقاح من متك زهرة الى مياسم زهرة أخرى على نبات آخر .
والأمثلة على ذلك نجدها في البيكان - الجوز - البندق - السبانخ - وهذه يتم التلقيح
بالرياح .

أما في التفاح والكمثرى والخوخ (قليل من الأصناف) والبرقوق (معظم
الأصناف اليابانية والأمريكية) والكرنب والخس والبصل والجزر والخيار والقاوون
والبطيخ والاستر والبنفسج والزينيا فيتم فيها التلقيح بالحشرات وكما لاحظنا اختلفت
النباتات في نوع التلقيح ويرجع السبب في ذلك لاختلاف الظروف التي ترجع حدوث
أحدهما عن الآخر ويرجع سبب حدوث التلقيح الذاتى في الظروف الآتية :

- ١ - الأزهار الهوجامية Homogamous وهى الأزهار التى يتفتح فيها المتك مع نضج
المياسم .
- ٢ - الأزهار المقفلة Cleistogamous وهى الأزهار التى تتفتح بعد انجاز التلقيح .

أما العوامل التى ترجع حدوث التلقيح الخلطي مايتأتى :

(١) الأزهار وحيدة الجنس :

والتي منها نوعان ثنائية المنزل وهى التى تحمل أزهار كل نوع على نبات منفصل .
والثانى أحادية المنزل التى تحمل أزهار النوعان على نبات واحد .

(٢) الأزهار الديكوجامية : Dichogamous

وهى التى لا ينضج فيها المتك والمياسم فى وقت واحد فاذا كانت مبكرة الطلع مثل
جوز الهند وسميت Protandrous كما فى المركبة والخيمية والبقلية والشفوية حيث
تلقيح الزهرة من زهرة أخرى أحدث منها

أما اذا كانت مبكرة المتاع سميت Protogynous حيث تنهى المياسم لاستقبال
حبوب اللقاح قبل نضج متك الزهرة كما فى الكمثرى والتفاح ويتم تلقيح الزهرة من
متك زهرة أكبر منها سنا .

(٣) العقم الذاتى : Self sterility

توجد هذه الحالة فى بعض النباتات كالحلويات حيث لايمكن لحبوب لقاح صنف
ما أن تلقيح أزهار نفس الصنف وذلك راجع لأسباب فسيولوجية ويعالج كما يحدث فى
البرقوق بزراعة أكثر من صنف كملحقات للصنف الأسمى .

(٤) العيوب الميكانيكية :

في بعض الأزهار الهوموجامية لا تحدث عملية التلقيح الذاتي لاختلاف نمو أعضاء المحيطات الأساسية في الزهرة مما يسبب حدوث الظاهرتين الازدواج الشكلى Dimorphism حيث تكون الأسدية طويلة والقلم قصير في بعض الأزهار والعكس في البعض الآخر كما في أزهار البرميولا .

(٥) التحورات الخاصة :

التي تحدث في بعض الأزهار تجعلها صالحة للتلقيح بوسائل خاصة كالحشرات حيث لا تنجح زراعة التين الازمرلى مثلا الا في مناطق توفر نوع معين من الزنابير يسمى Blastophaga

وسائل انتقال حبوب اللقاح :

(أ) التلقيح بالرياح : Anemophily

والمثل الواضح نخيل البلح . وكذلك في أشجار الحلويات كالمشمش والبرقوق والخوخ

(ب) التلقيح بالإنسان :

ويعرف بالتلقيح الصناعى الذى يجرى لأغراض اقتصادية كإنتاج أصناف جديدة أو لزيادة الإنتاج كما يحدث في النخيل أيضا .

(ج) التلقيح بالحشرات : Entomophily

وتتميز أزهار هذا النوع بكبر حجمها وألوانها الزاهية ورائحتها العطرية وإنتاجها لمادة سكرية تسمى الرحيق Nectar كما أن حبوب اللقاح عادة ما تكون كبيرة خشنة أو لزجة والمياسم صغيرة نسبيا يتكون بها عند النضج وسائل لزج تلتصق به حبوب اللقاح . ويحدث عادة في الأزهار ذات التلقيح الحشرى تحورات تكسبها أشكالا خاصة .

الإخصاب :

يتم التلقيح بانتقال حبوب اللقاح الى الميسم . ويبدأ نشاط الحبة بخروج جزء أنبوى خيطى يسمى أنبوب اللقاح Tube Germain الذى ينبت من احدى ثقبوب الانبات في جدار حبة اللقاح ثم تنمو في نسيج الميسم ومنه الى نسيج القلم فتخرقه متجهة نحو المبيض وتمر النواة الخضرية أولا تليها النواة الجنسية التى تنقسم الى نواتين جنسيتين .

وبمجرد وصول أنبوب اللقاح الى المبيض تتجه الى احدى البويضات حيث تخترق النيووسيلة حتى تصل الى الكيس الجنيني خلال احدى الخلايا المساعدة فتدمرها وتكون مجاورة لخلية البيضة وتنفجر قمة أنبوب اللقاح وتفرغ محتوياتها في الكيس الجنيني وتختفى الخلية الخضرية ثم تندمج احدى الأنوية المذكرة مع نواة البيضة ويسمى ذلك الاتحاد اخصاب Fertilization ويعبر عن اتحاد النواتين المذكرة والمؤنثة بالاندماج zygote أما النواة الأخرى فتندمج مع النواة الثانوية المزدوجة ويسمى ذلك الاتحاد الثلاثي Triple Fusio وفي حالة حدوث عمليتي الاندماج والاتحاد الثلاثي يسمى ذلك بالاخصاب المزدوج Double Fertilization

تحدث داخل الكيس الجنيني عدة تغيرات هامة فتتنشط نواة الاندوسبرم وتنقسم معطية أنوية عديدة تهاجر الى قرب الجدار الخارجى وتتكاثر لتكون نسيج الاندوسبرم ويكبر الكيس الجنيني في الحجم على حساب ضمور نسيج النيووسيلة الذى يحيط بالكيس الجنيني من الخارج

ينشط الزيجوت ويكون جزءا كرويا يسمى الجنين الأول proembryo الذى يتصل بجدار الكيس الجنيني صف واحد من الخلايا يسمى المعلق suspensor تتكاثر خلايا الجنين ويبدأ تكشفها الى محور وأوراق فلقية (واحدة أو اثنين) ويظهر بالمحور الجذير (الذى تتصل قمته بالمعلق) ويليه السويقة التى تنتهى من أعلى بالريشة وتكون جميعا من خلايا مرستيمية .

وتختلف الأجنة فى نشاطها فقد تنمو الفلقات وتمتص نسيج الاندوسبرم ويصبح غذاء الجنين مخزنا فى الفلقتين (بذرة لاندوسبرمية) أو تنمو بدرجة ضئيلة وتصبح وريقة رقيقة ويظل غذاء الجنين مخزنا فى نسيج الاندوسبرم الذى يحيط بالجنين (بذرة اندوسبرمية) .

الأجنة الخضرية :

يتكون الجنين عادة نتيجة اخصاب الجامطة المؤنثة بالجامطة المذكرة ويعرف ذلك النوع من التكاثر بالتكاثر التزاوجى .

وفى الموالح وبعض أصناف المانجو يتكون الجنين التزاوجى ولكن تنشط معه خلايا النيووسيلة المجاورة للكيس الجنيني وتعطى أجنة عرضية داخل البذرة وتعرف هذه الحالة بتعدد الأجنة . polyembryony او قد تتبرعم بعض خلايا الجنين الاصلية .

الثمرة The Fruit

الثمرة في نباتات مغطاة البذور تمثل المبيض الناضج بعد تحول جداره الى الغلاف الثمرى pericarp ويمكن تعريف الثمرة بانها ناتج المتاع بعد نضجه ، حيث ان الاقلام والمياسم قد تأخذ دورا في تكوين الثمرة بالاضافة الى المبيض ، كما ان بعض الاعضاء قد تشترك ايضا في تكوين بعض الثمار .

والبذور عبارة عن البيضة المخصبة الناضجة بعد نمو الزيغوت وتكشفه الى جنين . وتحتوى الثمرة على بذرة واحدة او عدة بذور .

اما الحبة في الغلال والنجليات فهي بذوراً ومن الناحية التشريحية ثمارا حقيقية بسيطة جافة لها غلاف ثمرى pericarp رقيق يحيط بالبذرة ، وقد التحمت قصرة البذرة التحاما تاما بجدار الثمرة .

وقد يحدث تكوين الثمرة مع عدم حدوث عمليات تلقيح واخصاب ويسمى توالد بكرى او عقد بكرى وتكون الثمار الناتجة بدون بذور كالبرتقال ابو سره والموز .

ووظيفة الثمرة المحافظة على البذور ومدھا بالغذاء حتى يتم نموها ثم مساعدتها على الانتشار لحفظ النوع وينشأ عن اختلاف تركيب الازهار اختلاف في تركيب الثمار ولا تنحصر الاختلافات في المبيض بل تشمل الاجزاء الاخرى . وتنقسم انواع الثمار تبعا للمنشأ او تكوينها الى ثمار حقيقية True Fruite وهى التى تنمو فيها البويضة لتكوين الثمرة وثمار كاذبة FallseFruits او Pseudocarps وهى التى تنمو فيها اجزاء اخرى مع المبيض لتكوين الثمرة . كما تنقسم الثمار الى :

(١) ثمار بسيطة Simple Fruits

وهذه تتكون من مبيض واحد كبير يشترك معه بعض الاجزاء الزهرية الاخرى . ويوجد منها الانواع التالية :

أ - ثمار بسيطة غضة او طرية Fleshy Fruits

ويكون فيها الغلاف الثمرى او جزء منه عصيرى شحمى . يتميز الى ثلاثة اجزاء هى الطبقة الخارجية Exocarp والمتوسطة Mesocarp والداخلية Endocarp ومنها :

١ - **الحسلة Drupe** : يطلق عليها اللوزة مثال لها البرقوق واللوز والخوخ والزيتون - تتميز بوجود كربة واحدة او اكثر وغلافها الخارجى جلدى رقيق والمتوسط شحمى والداخلى خشبى سميك .

٢ - **العنبه Berry** : يطلق عليها الثمرة اللبية وهى شحمية ذات بذرة واحدة او عديدة البذور تكون منغمسة فى المادة اللبية الموجودة بالثمرة . والغلاف الداخلى غير صلب لكنه قد يكون غشائيا او لحميا . وهى تنشأ من مبيض ملتحم الكرابل ومن امثلتها الطماطم ، البلح ، ثمار العائلة القرعية كالبطيخ حيث يتكون الجزء الخارجى من نسيج الحامل الزهرى او التخت الذى يحيط بالغلاف الثمرى الخارجى

(٣) **التفاحة Pome** : وهى ثمرة شحمية يتكون الجزء الخارجى من لحم الثمرة من التخت .. ويوجد هذا النوع فى ثمار التفاح والكمثرى .. وهى ثمرة كاذبة لوجود الثمرة الحقيقية فى التخت الشحمى .

ب - ثمار بسيطة جافة : Simple dry Fruits

وفىها يكون الغلاف الثمرى خشبى او جلدى لايمكن تميز اجزائه وتنقسم الثمار الجافة الى ثلاثة اقسام :

١ - ثمار جافة غير متفتحة : Dry Indehiscent

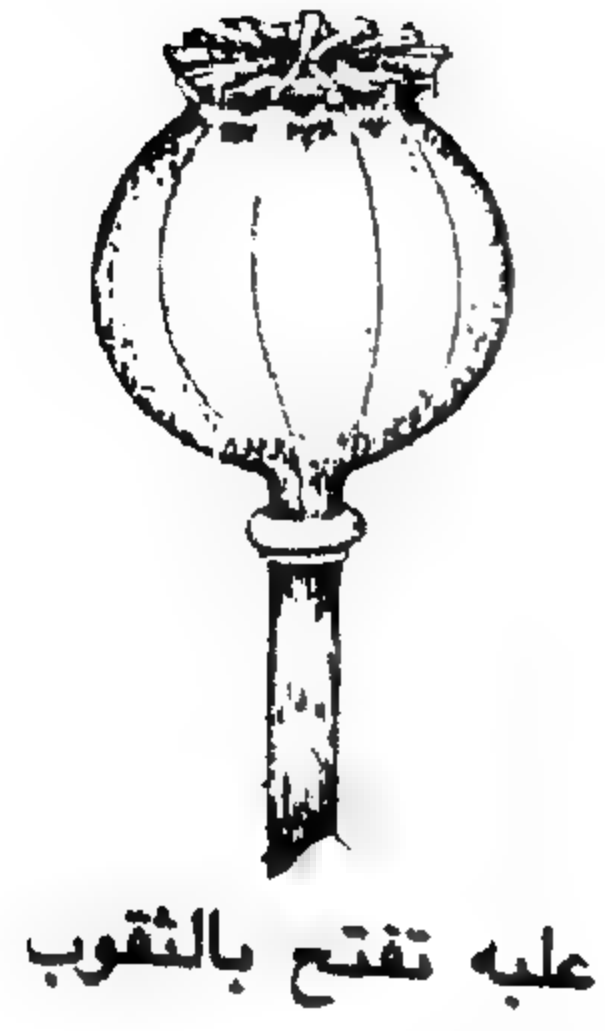
وفى هذه الثمار يكون الجدار الثمرى جافا خشبيا او جلديا ولا ينشق او يفتح بينما تتخلص البذور منه بعد ان يبلى ومنها :

أ - **البندقه Nut** : وهى ثمرة جافة تتركب من كربلتين او ثلاثة ملتحمة . المبيض ذو غرفة واحدة وتحتوى على بذرة واحدة . غلافها خشبى كما فى البندق . المبيض سفلى او علوى

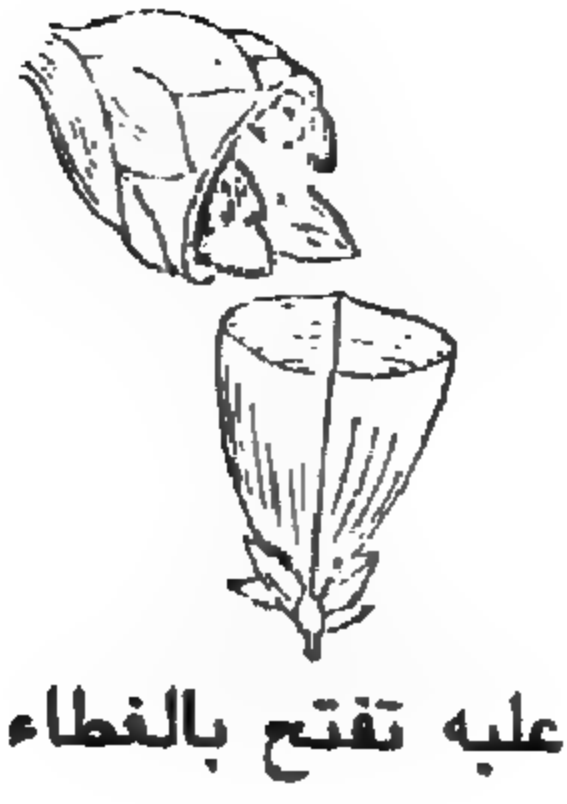
ب - **السبسلاء cypsel** : تتكون من مبيض سفلى ذو كربلتين ملتحمتين ومسكن واحد وبذور واحدة وجدارها جلدى غير ملتحم ومثال لها عباد الشمس والقرطم .

ج - **الاكين او الفقيره Achene** : ناتجة عن نضج كربة واحدة وتحتوى على بذرة واحدة ولا يلتحم الجدار الثمرى بقصره البذرة ، جدارها جلدى او غشائى وعادة ما تكون احدى ثمار متاع عديد الكرابل المنفصلة كما فى الورد

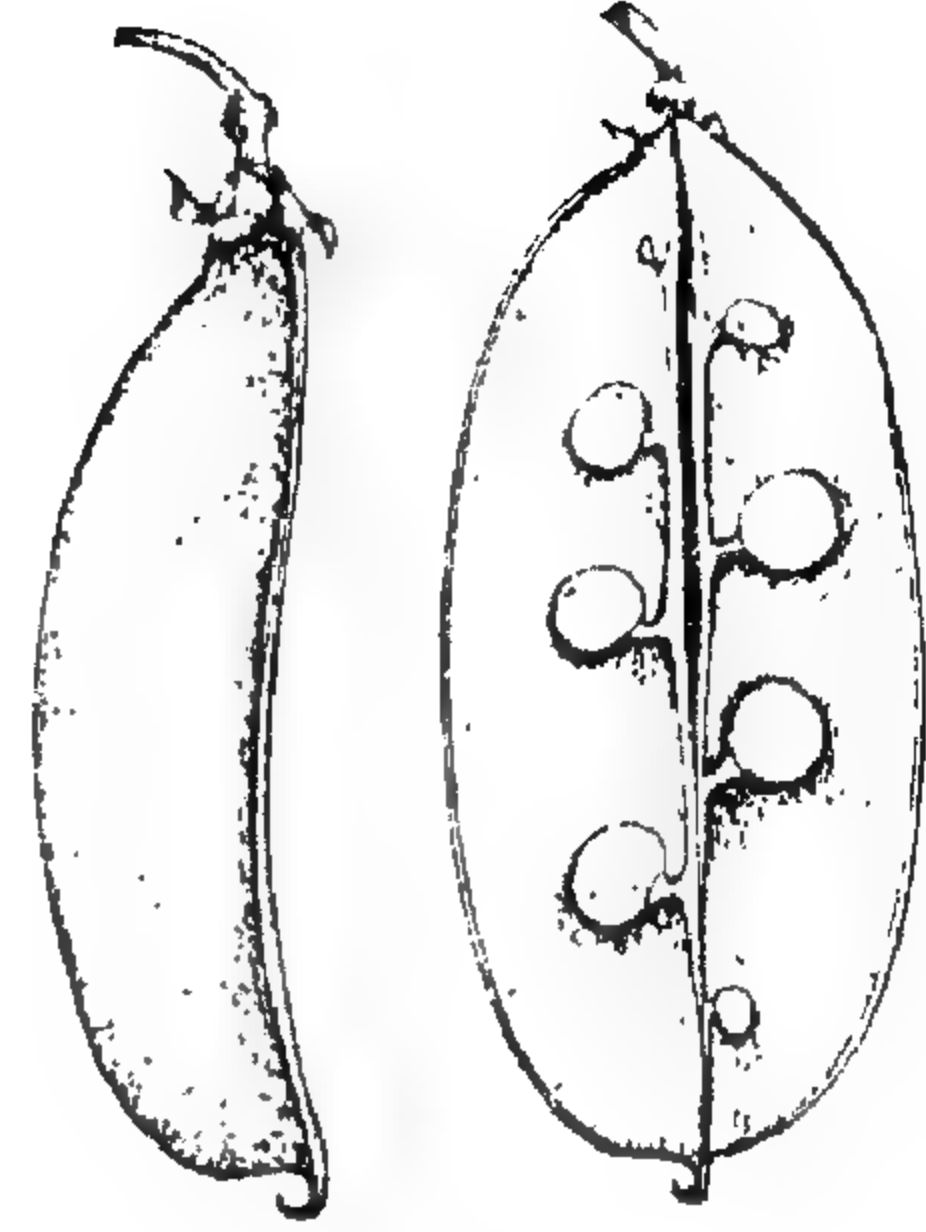
د - **البره Caryopsis** : وهى ناتجة عن نضج مبيض علوى يحتوى على بذرة واحدة ، التحم الجدار الثمرى بقصره البذرة مكونا جدار واحد مثل القمح - الشعير الذرة ويطلق عليها الحبة Grain



عليه تفتح بالثقوب



عليه تفتح بالغطاء



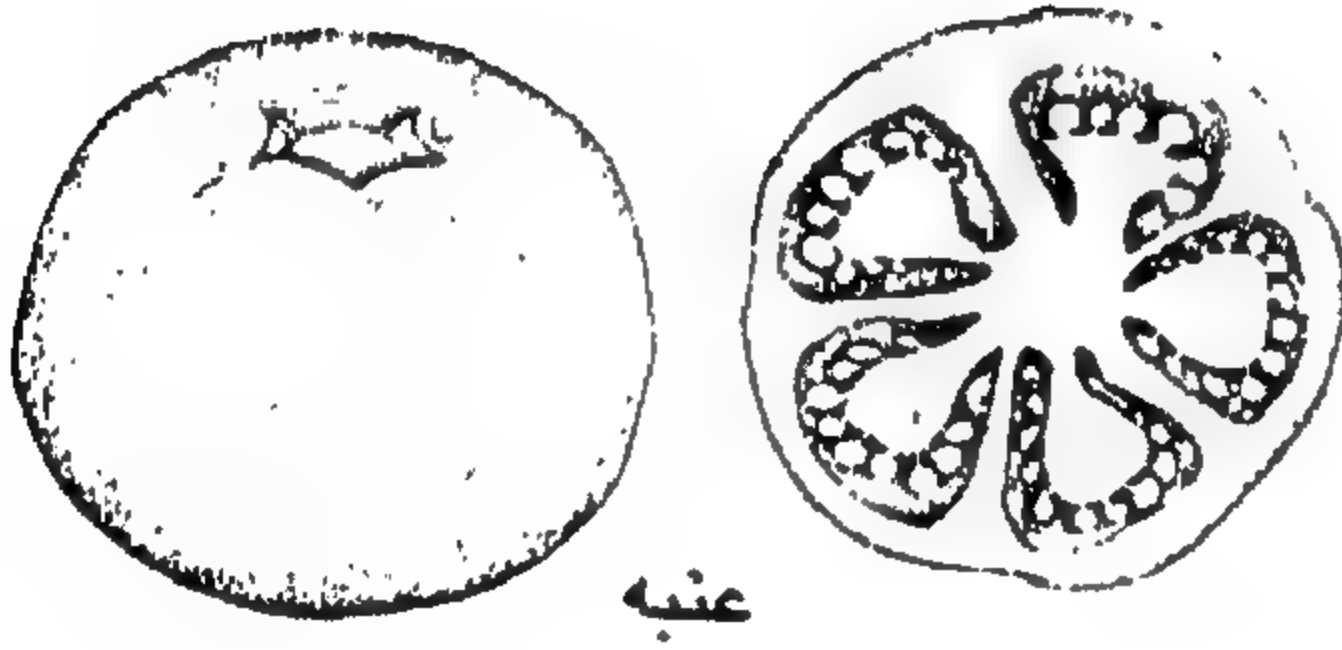
قرنية



سببلاء



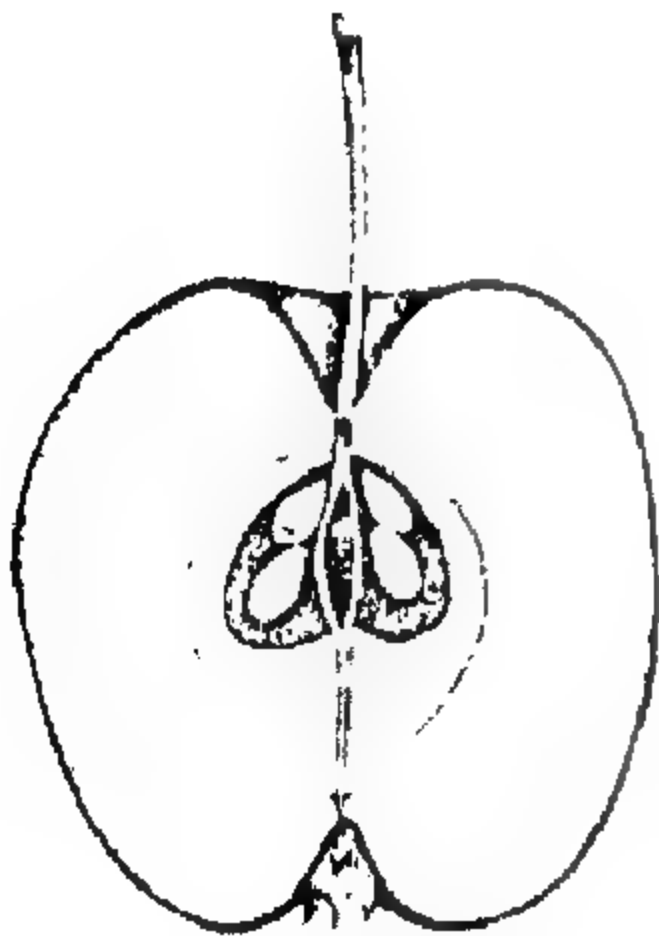
جناحية



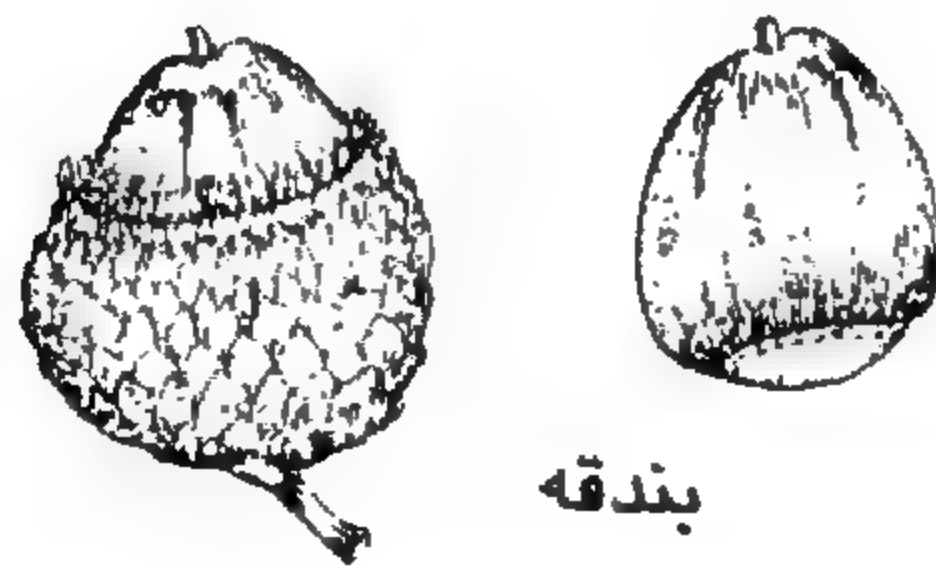
عنبه



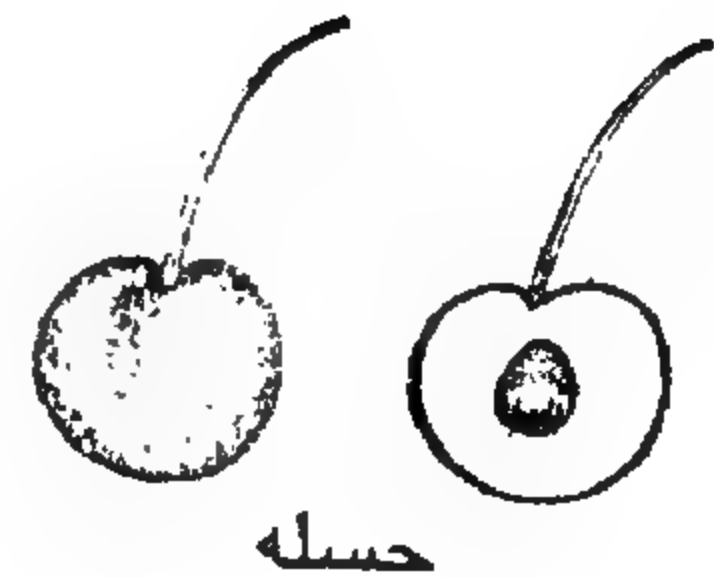
بره



كاذبه



بندقه



حسله

هـ - الجناحيه : **Samara** ناتجة من نضج كربة واحدة مثل الاكين الا ان الغلاف الثمرى يتمدد على هيئة زوائد تشبه الاجنحة مثل ابو المكارم والسرسوع .

٢ - ثمار جافة منشقة **Schisocarps Fruits**

وهى ثمار جافة ملتحمة الكرابل تنفصل عند نضجها مكونة عدد من الثمار . يوجد بكل ثمرة بذرة واحدة . ويوجد منها عدة انواع كالجناحيه المنشقة **Winged cremocarp** حيث تتكون الثمرة من كربلتين كل كربة منها شكل جناح وبذلك تشبه الثمرة ثمرتين جناحيين بسيطتين او ثلاثة ملتصقة ببعضها كما فى ثمرة الاسفندان **Acer spp**

٣ - ثمار جافة متفتحة **Dry dehiscent Fruits**

وفىها ينفتح الجدار الثمرى بطريقة منتظمة لتخرج منها البذور وتنتشر ومن اهم انواعه :

١ - الجرابيه : **Follicle** وتتكون من كربة واحدة تحتوى على عدد كبير من البذور وتفتح طوليا على امتداد اللحام البطنى كما فى العايق .

٢ - القرنية او البقلاء : **Legume** تتكون من كربة واحدة علوية بها عدد من البذور تفتح على طول اللحامين كما فى الفول والبسلة وقد تبقى بدون تفتح كما فى الفول السودانى .

٣ - خردلة : **Siliqua** تتركب من كربلتين يفصلهما حجاب كاذب وعند النضج تفتح الكربلتين من اسفل الى اعلى ، وتنفصل الجدر الكربلية تاركة حافتها ملتصقة بالتخت كما نباتات العائلة الصليبية .

٤ - الخريدله : **Silicula** تشبه سابقتها الا انها اقصر واعرض كما فى نبات كيس الراعى

٥ - العلبة : **Capsule** وتتكون من عدد من الكرابل الملتحمة وتتكون من متاع علوى او سفلى وتفتح العلبة بطرق منها :

١ - تفتح بواسطة ثقب عند قمة الكرابل نتيجة انفصال جزء من المياسم عند نضجها كما فى الخشخاش

٢ - تفتح بواسطة اسنان نتيجة انفصال جزئى للكرابل كما فى العائلة القرنفلية

٣ - تفتح بواسطة شق دائرى ويسقط الجزء العلوى على هيئة غطاء كما فى الرجلعة وعين القطر .

٤ - علبة تفتح بواسطة صمامات ومنها :

أ - المسكنى : Loculicidal حيث تفتح طوليا على امتداد الخط الزهرى اى من وسط الكرابل كما فى القطن

ب - حاجزى : Septicidal وتفتح طوليا على امتداد الخط الظهرى وكذلك على خطوط التحام الكرابل وبذلك تنفصل الجدر الخارجية للكرابل على شكل مصاريع تاركة حوافها والحواجز الفاصلة بين الكرابل متصلة بمحور الزهرة كما فى الداتورة .

(٢) الثمار المتجمعة Aggregate Fruits

تتكون من عدد من الكرابل المنفصلة الموجودة على تحت متشحم واحيانا ماتتجمع بدون التحام لتكون ثمرة واحدة ويوجد منها عدة انواع ومن امثلتها الورد - المانوليا - القشطة .

(٣) الثمار المركبة Multiple Fruits (composite)

تتكون من عدة من الثمار الناتجة من عدد من الازهار المتجمعة على نورة واحدة وتختلف الثمار المتجمعة عن المركبة فى ان المتجمعة نتجت من مجموعة من الكرابل المنفصلة على زهرة واحدة . وتشمل الثمار المركبة اوراقا زهرية واعناق وقنابات ازهار ومنها ثمار متجمعة توتيه حيث بكل زهرة ورقة شحمية كما فى التوت ومنها ثمار متجمعة التينية كما فى التين والجميز . والنورة لحمية مخروطية مجوفة تحوى بداخلها الثمار . ومنها المخروطية كما فى الصنوبر - ومنها كذلك ثمار الاناناس حيث تتكون من التحام ثمار غضة بجوار بعضها وكلها محمولة على ساق نورة متشحم .

البذور THE SEED

تنشأ البذرة من البويضة وتتركب عند النضج من الأجزاء الآتية : الجنين ، كميات مختلفة من الاندوسبرم ، يمتص احيانا عن آخره ، بقايا النيوسيله ، طبقات للحماية على السطح مكونة القصرة التى تشتق من غلاف او غلافى البويضة .

وتختلف الاجنة عن بعضها فى التركيب باختلاف العائلات فقد يتركب من كتلة من الخلايا الانشائية قليلة العدد نسبيا دون ان يتكشف به جذير او ريشة او فلقات كما فى بذرة السحلب . وقد يتركب من محور ينتهى من احد طرفيه بمرستيم الجذر او بجذير تغطى طرفه قلنسوة مميزة ، ومن الطرف الآخر ريشة واضحة وفلقات كبيرة . كما يتكشف جهاز الكامبيوم الاول ويمتد فى السويقة والفلقات وتوجد مثل هذه الاجنة فى بذور اغلبها كبيرة الحجم كما فى بذور الزبدية . وقد توجد عناصر وعائيه ناقلة خشب اول ولحاء اول متكشفة كما فى اجنة الكستناء . وبين تلك التراكيب توجد اجنة ذات تكوينات عديدة . وتحتوى الفلقات الغليظة التى لاتتمدد عند انبات البذرة على انسجة ناضجة مكونة من خلايا مستديرة او مضلعة قد توجد بينها مسافات بينية . اما الفلقات التى تتمدد عند الانبات فتحتوى على انسجة غير كاملة التكشف ، ولكن النسيج الوسطى قد يتميز الى نسيج اسفنجى وآخر عمادى وقد توجد ثغور فى البشرة .

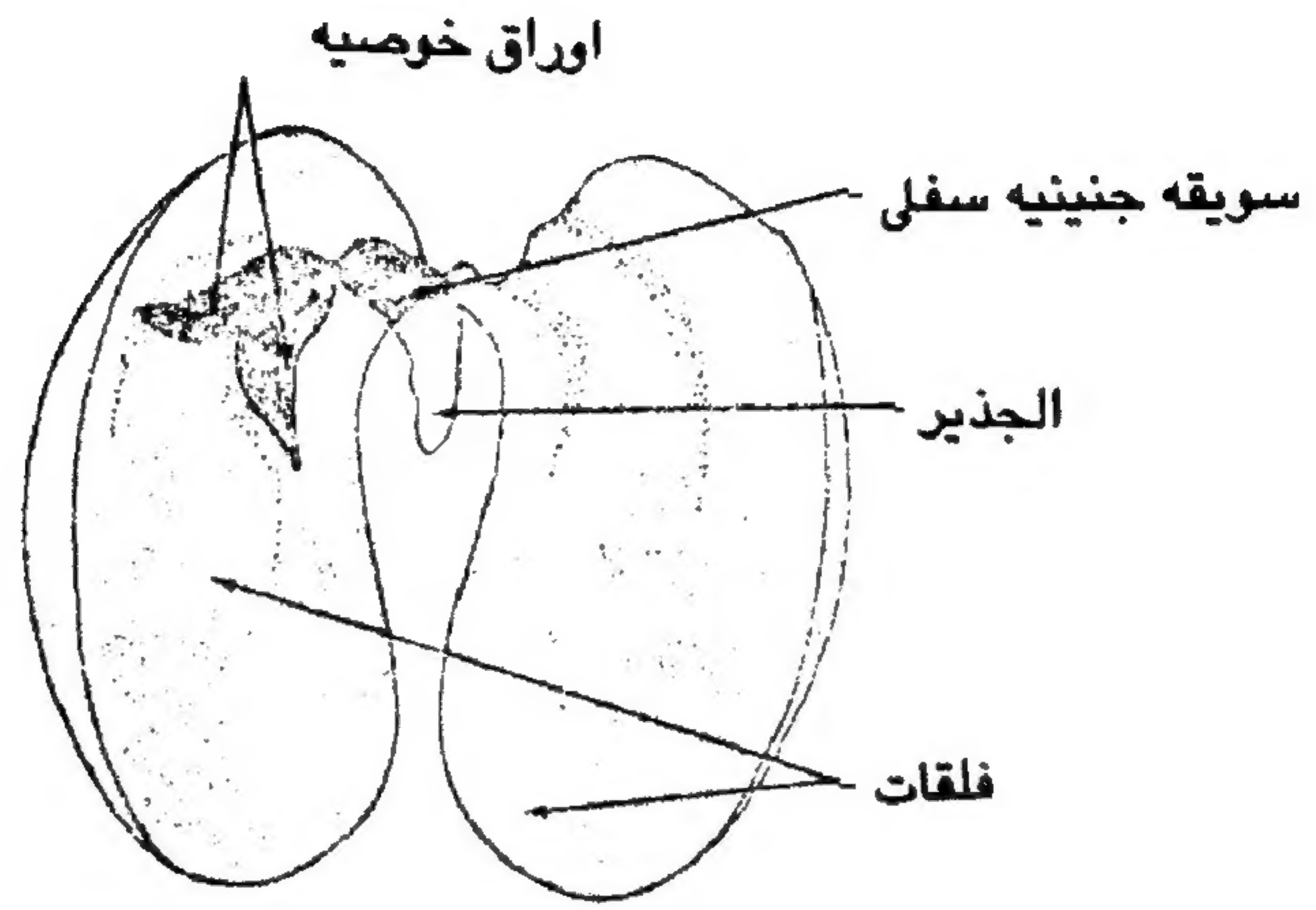
وتسمى العملية التى يتحول فيها الجنين الموجود بالبذرة الى حالة نمو بالانبات Germination وهو نوعان :

١ - انبات ارضى Hypogeal Germination

وفيه تبقى الفلقة او الفلقات تحت سطح التربة وذلك بسبب سرعة استطالة السويقة الجنينية العليا Epicotyl عن السفلى Hypocotyl ومعظم انبات ذوات الفلقة الواحدة انبات ارضى .

٢ - انبات هوائى : Eeigeal Germination

ويحدث فيه ظهور الفلقتان فوق سطح الارض وبينهما الريشة بسبب سرعة نمو السويقة السفلى عن العليا كما يحدث فى انبات الفاصوليا والقطن والخروع . والجذير اول ماينمو من الجنين عند الانبات .



(شكل ٦٠) تركيب الجنين

